

## エネルギー分野の人材問題に関する調査

### 報告書

2009年8月

文部科学省 科学技術政策研究所

科学技術動向研究センター  
環境・エネルギーユニット

**Research on Human Resource Issue in Energy Field**

National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)  
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)  
JAPAN

本報告書は、科学技術政策研究所が実施した調査研究『エネルギー分野の人材問題に関する調査』の成果を取りまとめたものです。

本報告書の複製、転載、引用等には科学技術政策研究所の承認手続きが必要です。

## 目 次

概要 .....	1
1 章 はじめに .....	3
1.1 エネルギー分野の人材問題の背景 .....	3
1.2 これまでのエネルギー関連人材育成策 .....	3
1.3 本調査の目的 .....	4
1.4 調査全体フロー .....	4
2 章 意見集約に基づく定性的調査 (Phase 1) .....	7
2.1 座談会による意見交換 .....	7
2.2 電子会議による意見収集 .....	9
2.3 デルファイ調査結果の再解析 .....	12
2.4 定性的調査の結果概要 .....	13
3 章 アンケートによる定量的調査 (Phase 2) .....	15
3.1 エネルギー分野の定義 .....	15
3.2 アンケートの概要 .....	16
3.3 エネルギー分野に関わる人材の基本属性 .....	18
3.4 エネルギー分野の人材像 .....	20
3.4.1 組織の体制として .....	20
3.4.2 個人の資質として .....	21
3.5 大学～産業間のコミュニケーション .....	23
3.5.1 エネルギー関連人材像の相互理解 .....	23
3.5.2 人材育成で強化すべき連携施策 .....	24
3.6 Phase 2 までに得られた論点の整理 .....	25
4 章 ワークショップ (Phase 3) .....	27
4.1 テーマの仮説 .....	27
4.2 ワークショップの概要 .....	27
4.3 人材育成事例の収集結果 .....	28
4.4 人材育成策の方向性に関する示唆 .....	30
5 章 調査結果に基づく考察 .....	33
5.1 エネルギー関連人材問題の俯瞰的かつ構造的な理解 .....	33
5.1.1 ①将来ビジョンの理解と共有の必要性 .....	33
5.1.2 ②キャリアパス(業務経験のつながり) .....	34

5.2	これまでのエネルギー関連人材育成策の充足度評価 .....	34
5.2.1	ワークショップで提示された視点に基づく評価 .....	34
5.2.2	ライフサイクル上の取り組み .....	36
5.3	これから必要なエネルギー関連人材育成策の方向性 .....	37
5.3.1	業界や専門領域を超えた活動連携 .....	37
5.3.2	ライフサイクル上考慮すべき人材育成策 .....	38
5.3.3	座談会による意見交換 .....	40
6 章	まとめ .....	43
	謝辞 .....	45
	参考文献 .....	46
資料 1	Phase 1 予備的定性調査 専門家座談会（2007 年 3 月） .....	47
資料 2	Phase 2 アンケートによる定量調査（2007 年 12 月） .....	95
資料 3	Phase 3 エネルギー関連人材ワークショップ（2008 年 2 月） .....	113
資料 4	第 2 回座談会（2009 年 3 月） .....	145
	参考資料 .....	147
	調査担当 .....	166



## 図表リスト

図表 1	人材に関する施策の一例 .....	4
図表 2	本調査の流れ .....	5
図表 3	電子会議での意見 .....	9
図表 4	人材育成の割合が高い 10 課題と政府関与の手段 .....	12
図表 5	技術的実現と社会的適用の時期における人材育成の必要性の割合 .....	13
図表 6	エネルギーの構成分野マップ .....	16
図表 7	アンケート母集団の属性分布(2007 年) .....	16
図表 8	回答者の専門分野分布 .....	17
図表 9	エネルギー分野に関連する専門家の比率 .....	18
図表 10	エネルギー分野への関連度と所属団体の関係 .....	18
図表 11	エネルギー分野への関連度と職掌の関係 .....	19
図表 12	エネルギーの構成分野マップにおける「エネルギー関連専門家」の分布状況 .....	19
図表 13	必要とする学歴・専門性 .....	20
図表 14	新たに導入したい知識 .....	20
図表 15	素養として必要な大学教科 .....	21
図表 16	適応力を高めるキャリア形成 .....	21
図表 17	大学側の産業人材ニーズの把握 .....	23
図表 18	企業側の大学教科シーズの把握 .....	23
図表 19	大学における重要連携策 .....	24
図表 20	企業における重要連携策 .....	24
図表 21	エネルギー分野内の特徴的領域 .....	25
図表 22	ワークショップで設定したテーマとこれまでの検討結果 .....	26
図表 23	エネルギー関連人材問題の構造 .....	33
図表 24	人材育成策の充足度評価(多様性の視点) .....	35
図表 25	人材育成策の充足度評価(ライフサイクルにおける位置付け) .....	36
図表 26	バリューチェーンにおけるキャリア構築の考え方(例) .....	38
図表 27	ライフサイクル上考慮すべき人材育成策 .....	39



## 全体概要

### 1. 背景と目的

近年、地球温暖化に伴う環境やエネルギー問題の重要性が世界の国々で強く認識され、優れた省エネルギー技術を有する日本に対する期待が高まっている。また、資源の枯渇問題、国際情勢の変化などから、エネルギー分野に求められる専門性は、環境分野はもちろんのこと、ライフサイエンス、情報、材料など広範な自然科学系の研究分野に加え、社会・経済システム、政策・法制度等の人文社会系分野など、より広範化・多様化している。このようにエネルギー分野の枠組みが変化している中で、地球規模の問題解決に対応できる専門家不足が懸念されている。他方、団塊世代の退職に伴う技術継承や少子化に伴う労働力不足など、他分野とも共通した社会現象もエネルギー分野の問題として挙げられている。エネルギー分野の人材問題に関するこれまでの議論は、このようなエネルギー分野特有の課題と一般社会問題が混在していたため、解決に向けた体系的な取り組みが進展していなかった。

このような状況に鑑み、本調査では、以下3点について明らかにすることを目的として、座談会と電子会議(定性的調査)、アンケート(定量的調査)、ワークショップ(コンセンサス)を実施した。

- (1) 俯瞰的かつ構造的に人材問題を理解する。
- (2) 人材育成策の充足度を評価する。
- (3) 今後必要な人材育成策の方向性を見い出す。

なお、エネルギー分野の多種多様な学術・産業の領域を整理して調査するために、「エネルギーの利用段階」、「社会への普及段階」という2軸でエネルギー分野を定義・分類し、領域毎に仕事の特性と対応付けた問題の所在を把握した。

### 2. 調査結果

#### 将来ビジョン共有に関する問題

従来からエネルギー分野では中長期目標やロードマップなどを個別技術毎に策定しており、さらに最近では、低炭素社会実現に向けた学際的な検討もスタートしている。温暖化ガス排出量を半減するという目標を実現するための具体的な目標値や方策について模索を始めたところである。しかしながら、低炭素社会への転換に向けた国民の合意形成のために、産学官民から多くの利害関係者を交えた活発な議論が随所で実施される、という段階には至っていない。かつては将来の長期ビジョン(国としての方向性や目標値、指針など)に関して社会的な合意形成が不十分であったため、特に次世代のコア技術構築に長期間を要する研究開発現場で、計画的な人材育成策の実施が困難となっていることが本調査で分かった。

#### キャリアパスに関する問題

エネルギー関連人材のキャリアパスとして、専門性の多様化・広範化、および国際化などを強化する必要があることが認識され、様々な育成策が実施されている。しかし、その実施範囲はエネルギー分野の業界内・専門分野内で閉じた取り組みが多かった。また、大学と産業界が考える人材要件について、双方の見解のギャップの存在も明確となった。入社後、業

界に則した育成方法を構築している産業側と、社会・産業ニーズを先取りして学際的な教科履修を展開しようとしている大学側との間には、理想とする人材像を共有するためのコミュニケーションが不十分であることもわかった。このコミュニケーション・ギャップを互いに認識できないと、長期的な人材育成に必要なキャリアパス設計ができない。

これまでの人材育成策の取り組みは、大学・大学院段階での育成支援策が多い。企業や業界の中でトップクラスの研究・開発者による大学・大学院での講座の設置や、企業におけるインターンシップの受け入れ、学協会における能力開発支援やシニア再活用による技術継承推進などが実施されている。しかし、将来のエネルギー分野を牽引するリーダーを輩出するための戦略的な育成策は不足している。

また、大学の電気系学科の定員割れは、これまでには無かった大きな問題である。電気系学科の定員割れは、学部の廃止、あるいは統合を意味し、それに伴い、従来されていた電力などに関する教育がされなくなり、そうした教育を受けた人材を産業側に供給できなくなることから、将来的には産業の継続が危ぶまれる。こうした基幹技術の人材供給に関する問題点が、この調査を通じて改めて明確となった。

### 3. 今後の人材育成の方向性

地球温暖化や資源循環に関する国際情勢の変化に対応するために、エネルギー分野の枠組みを再構築する必要がある。とりわけ、これまでの技術主体の取り組みを見直す必要がある。

短期的な人材育成策には、産学が学術的議論を共有している既存の学協会を中心とする活動が期待される。今回、エネルギーに関連する産業界と学協会を一堂に会し、各々の人材育成への取り組みを披露しあい、問題点を共有し、エネルギー分野全体としての視点で人材育成策について議論する場を設定したところ、有効に機能した。本格的な施策のスタートに際しては、今回のような行政あるいは政策決定者による呼びかけに加え、場を形成するための資金的支援なども効果的である。

中長期的には、特に我が国ではあまり得意ではないとされる国際的舞台での議論や、政策提言まで可能なスキルも有するプロフェッショナルを育成する施策が求められる。例えば、海外でのインターンシップなどOJTの機会を与えることも一案であろう。このようなプロフェッショナル人材を育成するには、業界や団体の枠組みを超えた業務経験をさせる戦略的なキャリアパスが不可欠であり、国レベルでの人材育成マネジメントが望まれる。その際、複数の学会によるジョイントシンポジウムやワークショップ、あるいはエネルギー分野の新たな枠組みに因えるために専門の調査研究母体や機関を設置することが、学術的議論を活発にすると同時に、プロフェッショナル人材育成のための知識のハブとして役割を果たすものと期待される。

一方、初等教育段階からの環境・エネルギー教育の強化として、学校の教育者・指導者とエネルギー分野の専門家との連携による施策も重要である。既にいくつかの小中学校で派遣授業として実施されているが、一部だけではなく全国的に実施されることが望ましい。高校までの段階で、人類の経済活動の源となるエネルギーについて、国内のみならず、国際的な政治・経済情勢とも関連付けて理解できるようになることが期待される。

## 1 章 はじめに

### 1.1 エネルギー分野の人材問題の背景

近年、世界の国々では、地球温暖化問題の深刻化に伴う環境やエネルギー問題の重要性が強く認識されている。「不都合な真実」によって地球規模で生じている気候変動への理解を世界中に広めたアル・ゴア元米国副大統領と、地球温暖化と人類活動の因果関係を明らかにした気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が、2007年のノーベル平和賞を受賞した。高度成長期の環境汚染と石油ショックを克服する中で、優れた環境・省エネルギー関連技術とノウハウを培ってきた日本に対しては、地球規模での環境・エネルギー問題解決に向けても大きな貢献が期待されている。2008年には、G8洞爺湖サミットにおいて議長国の日本がリーダーシップを発揮し、世界全体の温室効果ガス排出量を2050年までに少なくとも50%削減するという長期目標を世界全体の目標としていく合意がなされた。また、総合科学技術会議は「環境エネルギー技術革新計画」を発表し、日本が世界に先駆けて2050年に温室効果ガス半減を実現する環境エネルギー技術を開発し、国際協力をリードする計画が示された。

一方で、我が国のエネルギー分野の研究現場では、質および量の両面で人材不足が懸念されている<sup>1</sup>。産業界では、団塊世代の退職に伴う技術継承や少子化に伴う労働力不足など、他分野とも共通した人材問題が生じている。エネルギー分野の研究には、環境分野はもちろんのこと、ライフサイエンス、情報・通信、および材料などの広範な自然科学系分野に加え、都市工学、社会・経済システム、政策・法制度等の人文社会系分野も深く関与している。また、エネルギーに関わりを持つ産業としては、エネルギー供給事業者のみならず、資源、化学、素材、機械、電気・電子機器、輸送機械から建設・土木、金融、商社まで広がりを持つ。求められる専門性は多様化し、人材要件も広範である。この結果、エネルギー分野の人材問題に関する議論は、個別技術に特有の課題と一般論が混在し、解決に向けた取り組みが体系的に進展していない。

### 1.2 これまでのエネルギー関連人材育成策

第3期科学技術基本計画（2006-10年度）では、科学技術システム改革の柱として「人材の育成、確保、活躍の促進」が位置づけられており、エネルギー分野の分野別推進戦略においても、「エネルギー研究者・技術者の育成・維持」を目標と位置づけている<sup>2</sup>。これらを踏まえ、各省庁では人材に関するさまざまな施策<sup>3-11</sup>が実施されてきたが（図表1、参考資料p148～165）理工系人材全般に共通する人材問題として取り扱われることが多く、エネルギー分野に特有の人材問題やその発生要因については体系的に議論された例はない。一方、電力会社などの産業界や、(社)原子力学会<sup>12</sup>や(社)電気学会<sup>13,14</sup>などのエネルギーに関連する学協会などにおいても人材問題が議論され、それぞれで対応策を検討しているが、各専門領域や個別技術に特有の課題への対応に留まっている。

今後、地球規模に拡大した環境・エネルギー問題がより一層複雑化し、関連する産業構造も急激に変化することが予想されるため、これまでの業界や学協会のくくりで人材問題を検

討するだけではなく、より横断的で俯瞰的な人材施策が必要かつ重要である。そのためには、現在のエネルギー分野における固有の人材問題の所在について俯瞰的に整理し、その要因を明らかにした上で、将来に向けた人材育成の方向性を体系的に提示することが強く求められている。

図表 1 人材に関する施策の一例

人材に関する検討項目	検討(実施)団体	連携先	エネルギー人材との関連性	対象となる教育段階
エネルギー・コミュニケーター制度	経済産業省	企業	◎	教育関係者、児童、一般
原子力人材育成プログラム	文科省・経産省	企業	◎	大学
科学技術・理科大好きプラン	文部科学省	大学、企業	○	～高校
ダブルメジャー制、メジャーマイナー制、ジョイントディグリー制の導入	文部科学省	なし	○	大学
産学人材交流（ポスドク育成、企業研究者の教育、専門技術者養成）	産総研	企業	○	大学（ポスドク）～社会人
産学連携製造中核人材育成	経済産業省	企業	○	大学
産学間の人材流動	経済産業省	企業	○	大学
企業によるインターンシップ	経団連	企業	○	大学
年間の必修授業時間	文部科学省	なし	△	小学校～中学校
産学共同研究	文部科学省	企業	△	大学
女性人材の活用	内閣府	企業	△	大学
企業による人材育成投資	厚生労働省	なし	△	社会人
産学間の人材供給マッチング分析	経済産業省	企業	△	大学
高等教育における人材育成の国際化	経済産業省	なし	△	高校
高度外国人材の活用	経済産業省	企業	△	大学

(関連性：◎：大、○：中、△：小)

### 1.3 本調査の目的

以上のような状況を鑑み、本調査では以下について明らかにすることを目的とした。

- ① エネルギー関連人材問題を俯瞰的かつ構造的に理解する。
- ② これまでのエネルギー関連人材育成策の充足度を評価する。
- ③ これから必要なエネルギー関連人材育成策の方向性を見い出す。

### 1.4 調査全体フロー

本調査は、図表2に示す通り、大きく3つのフェーズに分けて検討を進めた。

Phase 1では、個々の様々な問題点を広く抽出することを検討した。まず、様々な領域のエネルギーに関連する学協会、企業、大学の専門家による座談会を実施し、現状のエネルギー分野の人材問題について、広く体系的に把握した。次にそれらを補完するために、専門家ネットワーク<sup>a</sup>に参加している専門調査員を対象に、電子会議を利用してエネルギー分野のみな

<sup>a</sup> 科学技術動向研究センターにて運用している、各分野（ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティア、その他）の専門家約 2,000 名からなるネットワークで、最新の科学技術情報収集や電子会議を定常的に行っている。

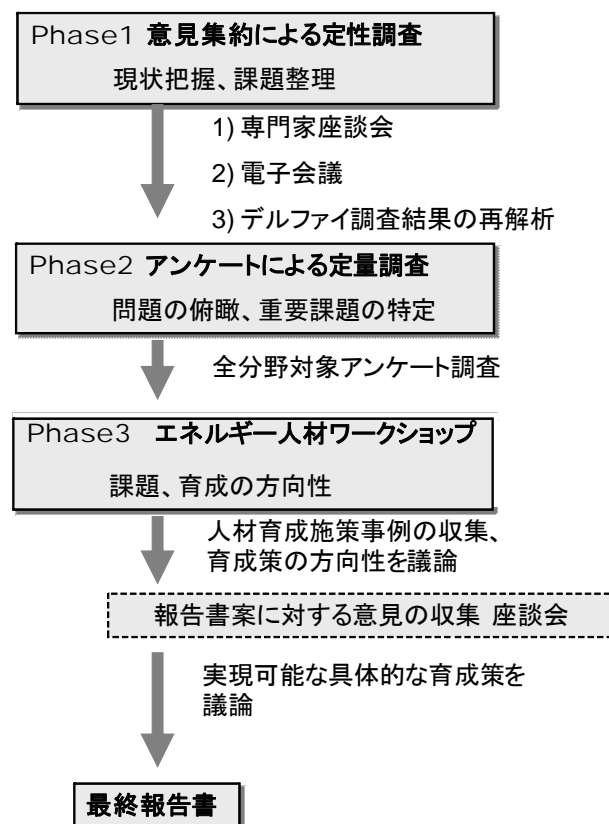
らず他分野の専門家からも意見を集約した。さらに過去に実施された第8回デルファイ調査<sup>b</sup>結果の再解析を実施し、科学技術案件に関する人材育成の重要度を抽出し直した。

Phase 2では、Phase 1で得られた結果から本質的な問題点の仮説を立て、これを基にしたアンケートを実施した。このアンケートでさらに多くの専門家集団の意見を集約することにより、定量的な問題点の把握を行った。その際、エネルギー分野に固有な人材問題を生じる背景要因を整理するために、「エネルギーの利用段階」と「社会への普及段階」を二軸に、「エネルギー分野の構成分野」をマッピングした上で、専門調査員へのアンケート結果の解析を行った。

Phase 3では、Phase 2でマッピング解析した結果を元に、エネルギー分野に固有と思われる人材問題について領域#1～#3に大別し、各領域において、関連業界や学協会これまでに行われている人材育成プログラムの事例を広く収集した。更に、ワークショップを開催し、Phase 2までの検討で得られた人材問題の所在とこれまでの人材育成策の有効性について、領域毎に議論し、抜けていた論点や今後の人材育成策のあり方についても補完的検討を加えた。

Phase 4では、それまでの結果をまとめたものをもとに、当初から調査にご協力いただいた方々に集まっていただき、報告書案について議論をし、より具体的な施策について検討した。

図表 2 本調査の流れ



<sup>b</sup> 俯瞰的予測調査のひとつ。多数の専門家への繰り返しアンケートにより、今後 30 年間の技術発展の展望について、13 分野（858 課題）のコンセンサスを得たもの。  
(<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep097j/idx097j.html>)





## 2 章 意見集約に基づく定性的調査(Phase 1)

エネルギー関連人材に関する座談会を実施し、エネルギー分野の専門家による人材問題に関する意見集約を行った。次にそれを補完することを目的として、電子会議による補足的定性調査を実施し、エネルギー分野だけではなく全ての分野を対象とした専門家の意見を収集した。

### 2.1 座談会による意見交換

座談会は、エネルギーに関係する企業や大学、学会や研究会に参加を依頼し実施した。概要は以下のとおりである。

- 目的：幅広いエネルギー分野の人材問題に関する現状把握
- 日時：2007年3月26日（月）10時～17時30分
- 参加者：下記、エネルギー分野関連の産学関係者30名（詳細は資料1 p48参照）
  - ＜大学＞
    - 国・私立大学工学部各学科
    - （電気・電子、情報、機械、化学、生物、資源、原子力、環境システム）
    - 国立大学産学連携推進本部、高専、海外(カナダ)
  - ＜企業＞
    - 電力、ガス、石油、石炭、重工業、自動車
  - ＜学会、研究機関＞
    - 学会：石油学会、原子力学会、エネルギー・資源学会、電気学会、  
日本エネルギー学会
    - 研究機関等：電力中央研究所、産業総合技術研究所、エネルギー総合研究所、  
北関東産官学研究会

現状のエネルギー関連人材問題に関し、参加者全員が5～10分程度で発表し、最後に全員でディスカッションを行った。それぞれの立場から多岐にわたる議論がなされた。発表内容とディスカッションから得られた主な意見からは、人材の需要と供給のミスマッチ、教育機関ならびに企業に対する問題、そして短期長期的なビジョンの必要性などが課題として浮き彫りとなった。課題の概要について以下にまとめる。（発表者のスライドは資料1 p61～84に示す。）

#### ●エネルギー人材の需要と供給について

- ・企業の人材ニーズと大学からの供給人材にミスマッチが生じている。エネルギーに従事する技術者・研究者に求められる素養には、エネルギー全般の多面的・俯瞰的視野、課題設定能力が必要であるが、大学ではその教育があまりされていない。
- ・異分野知識習得への関心が低い若手研究者が多い。

### ●教育機関に対する課題

- ・小中高一貫の体系的な教育カリキュラム構築が望まれる。特に実験の強化や、「物理」「化学」「生物」「技術」などを選択でなく必修化する必要がある。
- ・大学カリキュラムの再構築が必要である。国立大学法人化以前と比較すると、カリキュラムが複雑化・細分化したために、体系的知識の習得に弊害が生じている。よって、エネルギー分野に必要な電磁気学、熱力学、実験実習等、基礎共通基盤カリキュラムの標準化が必要である。
- ・教育機関において人材育成ロードマップを構築し、それに合わせた教育を実施する必要がある。
- ・コミュニケーション能力、説明責任能力が不足している。
- ・学会参加などを通じて、海外と人材ネットワークを構築する機会を増やす必要がある。
- ・教育者自身の育成も重要である。
- ・産学連携や大型の国家プロジェクトを活用し、研究者の実践的能力を育てたい。

### ●企業に対する課題

- ・景気に左右されない安定した雇用環境の確保も、人材育成には重要なポイントである。
- ・エネルギー分野は学際的で、修士レベルの研究では不十分であるにも関わらず、経済面/就職リスクを理由に、博士課程進学者が減少傾向にある。
- ・日本の省エネルギー技術などに対する海外からの期待が大きいため、海外との人材ネットワーク構築や国際機関での発言力が重要となる。

### ●短期・中長期的な対応の必要性

- ・短期的には、団塊世代の退職による技術・技能の伝承が問題となる。特に「安全」に必要な総合的判断力が重要である
- ・中長期的には、「新国家エネルギー戦略」を受け、エネルギー技術領域が多様化・融合化しており、人材育成に多面性が求められる。

## 2.2 電子会議による意見収集

次に、座談会における意見集約を補完することを目的として、電子会議を利用して全ての分野を対象とした専門家の意見を収集した。設問を2つ用意し、回答する形式とした。概要は以下のとおりである。

- 目的 : エネルギー分野人材に関する現状把握
- 期間 : 2007年6月29日（金）～7月9日（月）
- 参加者 : 専門家ネットワークに所属している方、全投稿数69件  
投稿分野内訳と数 : エネルギー15、環境13、ライフサイエンス10、ものづくり10、  
情報・通信6、社会基盤5、ナノテク・材料5、フロンティア5
- 方法 : Web上でアンケートを実施し、以下2つの設問に対し自由記述回答  
Q1 エネルギーの中でもこれまでどのような研究によって、日本の強みがもたらされてきたのか。それが近年どのように変化しているか。  
Q2 今後もエネルギー分野の強みを維持・向上するために、特に力を入れるべきことは何か。

得られた意見を分析すると、必ずしもエネルギー分野に特化していない内容もあるが、意見の中心はエネルギー分野に該当すると判断されるものが多かった。図表3に集約した意見を示す。（全ての意見の収集結果は資料1 p85～94に示す。）

図表 3 電子会議での意見

Q1 日本の強みとそれを支えた人材、近年の変化に関して		
	エネルギーに強く関連	工学系全般に関連
日本の強みと背景要因は何か	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 石油ショック後の省エネルギー政策を背景とした、高効率なエネルギー利用技術（家電、自動車、生産設備）と原子力・新エネルギー技術の発展が社会に大きく影響した。</li> <li>・ 厳しい環境規制（大気・水質）と消費者の要求を背景にして、環境対策技術が発展した。</li> </ul>	
日本の強みを支えた人材と	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機械工学（熱力学、流体力学、材料力学、等）や回路設計を学んだ、ジェネラリスト的技術者（システム設計・製造）がた</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 国内企業の設計技術者や製造現場の技術者の努力が上げられる。</li> </ul>

は	<p>くさんいた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 材料（耐熱、高強度、軽量化、発電・蓄電、磁性、省エネデバイス）、燃焼・触媒（環境浄化、燃料クリーン化）、原子力、電力（制御、送電）に関わる研究者が多く存在した。</li> </ul>	
研究開発全般についての近年の変化は何か	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電力会社が研究開発投資を削減したことによって、関連する重電機メーカーでの基礎研究も縮小した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時間のかかる基礎研究よりも、短期間に成果が出る研究テーマ（実用化や応用）にシフトしている。</li> <li>・ いろいろなものがブラックボックス化し、自分で修理しにくいことから、ものづくりに関わる研究をしていることへの喜びが、特に若手では失われつつある。</li> </ul>
人材・教育についての近年の変化は何か	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー関連技術の共通基盤科目で、研究者や指導教官の減少が著しい。特に電力、原子力・放射線、エンジン・燃焼、金属・冶金の分野に顕著な傾向が見られる（特にエネルギー資源領域の講座が減少）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 論文生産数や引用数による業績評価が一般化し、論文になりにくい分野の研究者が減少している。</li> <li>・ 国立大学法人化以降、大学における研究費の減額や、学生に人気が低い電力や原子力分野の講座が減少している。</li> </ul>

Q2 日本の強みを今後も維持・向上するための方策		
	エネルギーに強く関連	工学系全般に関連
教育・人材育成面について	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー関連技術の共通基盤科目の強化・体系化（電気、機械、化学、材料）が必要である。</li> <li>・ 学生のみならず、教育者の育成・確保も必要である。特に今後重要な研究テーマ（再生可能エネルギー（バイオマス、貯蔵、ネットワークなど）、資源開発、原子力、核融合）の人材育成・確保が重要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「人気のない若年層への魅力度アップ」を図るための施策が必要である。</li> <li>・ 博士課程研究者に対して、卒業後の雇用を前提とした在学中の仕組みが重要である。</li> <li>・ 奨学金、給与・処遇制度の充実など、経済的な支援が必要である。</li> </ul>

	課題である。	
産学官・分野間連携推進の重要性と対応策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 連携を進めるべき分野間で、エネルギーに関する理解増進が重要である。例えばライフサイエンス、農学、地質学、海洋、地球環境観測（生態系、衛星観測）分野などの理系内での連携強化は当然のこと、人文社会系（政治・経済、法律、歴史）との連携強化も必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ダブルディグリー取得の推進も検討すべきである。</li> <li>・ 学協会の強化、例えば学会間連携や情報発信・政策提言能力の強化が必要である。</li> <li>・ 指導者数が減少している科目の教育へ対しては、専門家の人材バンク登録やデータベース構築などを活用した迅速な対応が必要である。</li> <li>・ 課題設定能力、実行力、評価・マネジメント能力を高め、連携推進を担う人材の強化が重要である。</li> </ul>
産業・起業環境の整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギー産業の強化育成と産業界のニーズに対応する技術開発の下支えが必要である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業化段階以前の技術に対する資金援助や実証フィールドの拡充が必要である。</li> </ul>
政策、規制、税・法制度の整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中長期的にぶれない国家エネルギー戦略に基づく研究テーマへの支援と研究者育成・確保を計画する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経済的インセンティブを与えるような政策誘導が必要である。導入義務化、投資減税・優遇制度、環境目的税を原資とする研究費の安定的確保が必要である。</li> <li>・ 分野間連携に不可欠な、省庁間連携が円滑化する仕組みやスキームの確立も課題である。特に、強力なリーダーシップによる調整、推進が重要である。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エネルギーに関する国民の理解増進（安全性や重要性など）の推進が必要である。</li> <li>・ 基礎研究の拡充も大切であり、コストダウン以外の社会的意義・使命を明確化し、大規模投資を伴う研究（ガスタービン、ガス化炉）への支援を推進する。</li> </ul>	

## 2.3 デルファイ調査結果の再解析

2005年に当研究所が発表した「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 デルファイ調査」(NISTEP REPORT No. 97)の「エネルギー・資源」分野の結果から、技術的実現に当たり「人材の育成と確保」の割合が高い10課題を抽出し、政府がとるべき有効な手段としてどのような施策が期待されているのか、これまでの結果を再解析した(図表4)。この結果によると、全体的な傾向としては、「人材の育成と確保」よりも「研究開発基盤の整備」や「研究開発資金の拡充」が望まれている傾向が見られる。また、「産学官・分野間の連携強化」や「国際展開の推進」なども期待されている。しかしながら、核融合や原子力などに関しては「人材の育成と確保」の割合が高いことが確認された。

図表4 人材育成の割合が高い10課題と政府関与の手段

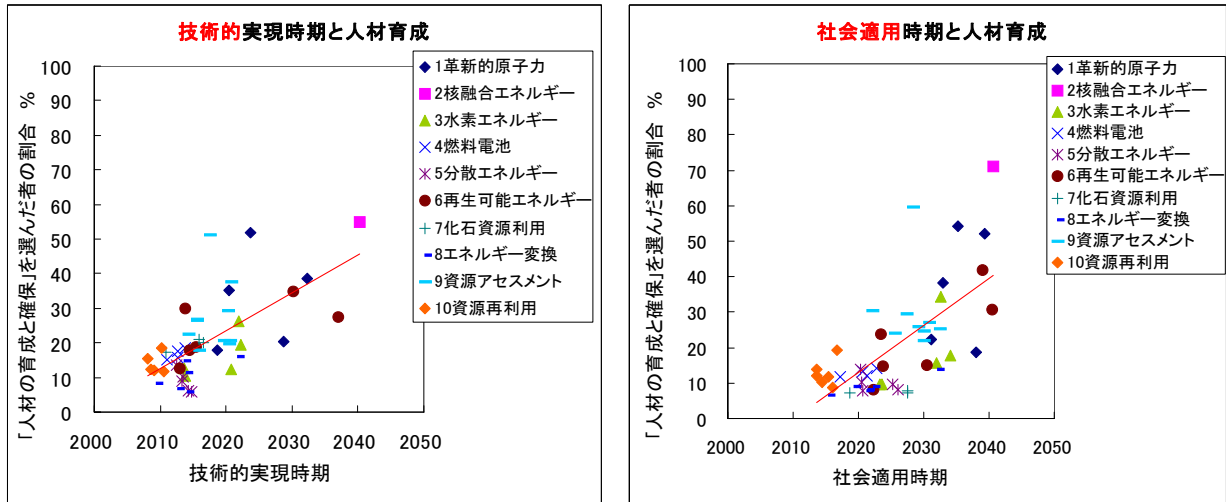
領域	課題	政府がとるべき有効な手段						
		人材の育成と確保	産学官・分野間の連携強化	研究開発基盤の整備	研究開発資金の拡充	国際展開の推進	関連する規制の緩和・廃止	関連する規制の強化・新設
核融合	核融合発電炉	55.1	15.3	61.9	39.8	44.9	0.0	0.0
原子力	核燃料サイクルを含めたFBR(高速増殖炉)システム	52.0	32.0	60.0	40.8	20.8	4.0	1.6
資源	在来型資源の究極資源量を予測する技術	51.1	25.0	51.1	42.4	27.2	1.1	0.0
原子力	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術	38.7	19.4	66.7	45.2	29.0	1.1	0.0
資源	メタンハイドレートなどの地下資源が、経済情勢の変化、地球科学、探査技術の進展などにより発見	37.5	33.3	59.4	53.1	24.0	1.0	0.0
原子力	高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	35.1	45.0	44.1	55.9	16.2	4.5	4.5
再生エネ	太陽エネルギー変換効率3%以上の人工光合成技術	34.7	42.1	29.5	72.6	8.4	6.3	0.0
再生エネ	遊休地でのエネルギー用バイオマスプランテーション	29.9	23.4	15.0	34.6	64.5	4.7	0.9
資源	バイオテクノロジーを使用した金属元素の抽出、分離技術	29.3	44.0	48.0	53.3	17.3	5.3	0.0
再生エネ	宇宙太陽発電システム	27.4	24.2	51.6	48.4	43.2	4.2	1.1

…期待する回答が最も多かったもの

…期待する回答が2番目に多かったもの

次に、「エネルギー・資源」分野の課題毎に、技術的実現時期・社会適用実現時期と、「人材の育成と確保」に対して期待する割合、との関係について把握した(図表5)。技術的実現・社会的適用のどちらもが、長期的である課題ほど「人材の育成と確保」に対する期待は高い。社会的適用への方策として、人材育成をより強く望む傾向が見られた。

図表 5 技術的実現と社会的適用の時期における人材育成の必要性の割合



以上のデルファイ調査結果の再解析から、以下のことが確認された。

- － 「エネルギー・資源」分野の技術的実現において、政府がとるべき有効な手段として、「人材の育成と確保」よりも、総じて「研究開発基盤の整備」や「研究開発資金」の拡充が望まれている傾向が見られた。
- － 技術的実現・社会的適用どちらもが長期的である課題ほど「人材の育成と確保」への期待が高いが、社会的適用への方策として、人材育成をより強く望む傾向が見られた。

## 2.4 定性的調査の結果概要

Phase 1で実施した座談会、電子会議、デルファイ調査の再分析結果をまとめると、エネルギー分野特有の論点として、以下のポイントがあげられる。

- － 「エネルギー関連人材」そのものの定義が多様で、人材問題の所在が仕事の領域ごとに異なる。
- － 人材ニーズや育成支援策のアイデアは多くあげられているが、抜本的な支援策は少ない。
- － 企業の人材ニーズと大学からの供給人材に関するミスマッチは問題が大きい。
- － エネルギー技術領域の多様化・融合化は拡大しており、人材育成の多面性が重要である。
- － 分野間あるいは産学官の連携やプロジェクトを牽引する人材の強化が不足している。
- － 中長期的にぶれない国家エネルギー戦略や経済的な政策誘導が不十分である。
- － 技術的実現および社会的適用に際して、政府がとるべき有効な手段としての「人材の育成と確保」は、長期的課題に対する施策として特に望まれている。

以上の論点を踏まえ、次に問題の定量化を試みた。





### 3 章 アンケートによる定量的調査(Phase 2)

Phase 2では、人材問題の所在および今後の議論や解決策の手がかりに資する定量的な傾向を見出すために、専門家ネットワーク（p4の脚注参照）に参加している全ての分野の専門調査員を対象として、エネルギー分野の人材問題についてアンケートを実施した。前章で得られたエネルギー分野特有の論点を踏まえ、エネルギー関連人材の多様化・融合化に向けた人材・組織の開発や産学間コミュニケーションの実態を把握すること、将来のエネルギー分野を牽引するリーダー的人材像を把握すること、などに焦点を絞った調査を行った。

#### 3.1 エネルギー分野の定義

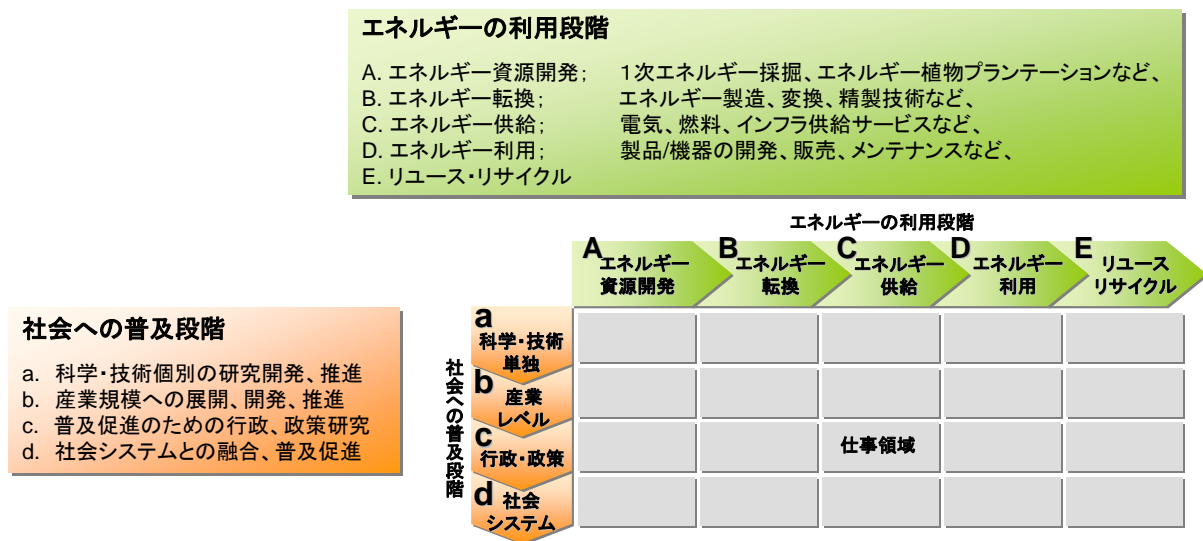
前章の論点として「「エネルギー関連人材」そのものの定義が多様で、人材問題の所在が仕事の領域ごとに異なる」という指摘があった。エネルギー関連人材に関する固有な人材問題の所在を俯瞰可能とするには、エネルギー分野を構成する分野を改めて定義し直し、多様な専門性との関係について体系的な整理が必要である。

エネルギー分野に固有な人材問題を生じる背景要因については、以下の3つの観点にまとめることができる。

- ① エネルギー分野のバリューチェーンには、資源開発～エネルギー変換～利用製品開発～リサイクルまでの「エネルギーの利用段階」があり、各段階で異なる専門性が必要とされる。
- ② エネルギー分野の科学・技術を実社会へ普及させるまでには、産業レベルへの実用化～有効な政策との融合～社会システム実現までの「社会への普及段階」が存在する。普及のためには、科学技術的アプローチだけではなく、多岐に渡るステークホルダーとの協働を通じたアプローチやスキルも必要とされる。
- ③ エネルギー分野は、環境分野はもちろんのこと、バイオマスのようなライフサイエンス分野や、ITSのような情報分野、省エネルギーの観点では材料分野など、「幅広い専門性の関与」が必要とされる。

そこでアンケートに先立ち、①「エネルギーの利用段階」と②「社会への普及段階」に着目し、これら二軸を使って「エネルギーの構成分野マップ」を定義した（図表6）。これにより、アンケート回答者が仕事の位置付けをエネルギー分野全体の中で認識するとともに、エネルギー分野に固有の仕事の広がりや、上・下流工程との連続性などについても、全体を可視化できる。加えて、アンケートの対象者をエネルギー分野だけでなく、全ての分野の専門家とすることで、③「幅広い専門性の関与」に伴い多様化する人材問題の傾向を把握することが可能となる。

図表 6 エネルギーの構成分野マップ



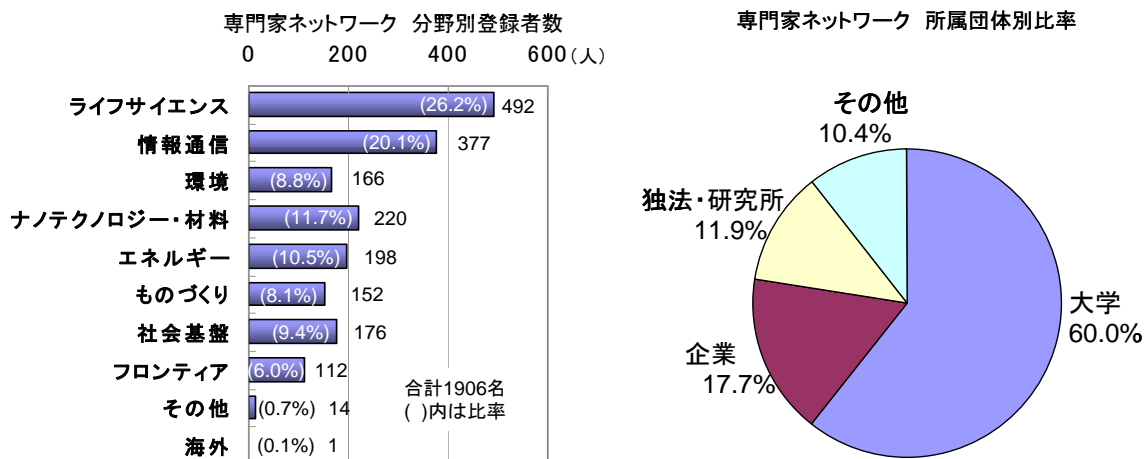
### 3.2 アンケートの概要

アンケートの概要は、次の通りである。（詳細は資料2 p96～112参照）

- ・ 期間：2007年11月30日から12月10日
- ・ 対象：専門家ネットワーク（1906名：実施期間の専門調査員）

図表7は、実施期間中の専門家ネットワークに登録者の分野別登録人数・比率、および、所属団体別登録比率を示したものである。

図表 7 アンケート母集団の属性分布（2007 年）



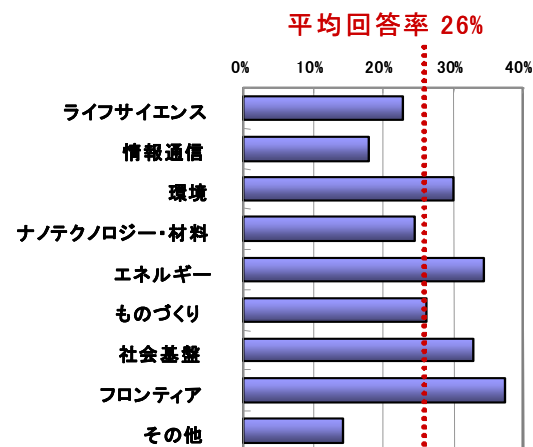
・質問概要：

- 属性（分野、年代、所属団体、職掌、職場の体制、等）
- エネルギー分野に求められること（組織、個人の素養、等）
- 人材に関する大学と産業間のコミュニケーション実態
- 求められる人材育成策

・回答総数：495名

平均回答率は26%であった（図表8）。専門分野別に見ると、最も低い情報通信分野でも20%弱であり、分野毎の回答率に偏りはなかった。回答者の属性という点で、おおむね全分野の意見が集約され、分野間の傾向を比較し得るものであると考えられる。

図表 8 回答者の専門分野分布



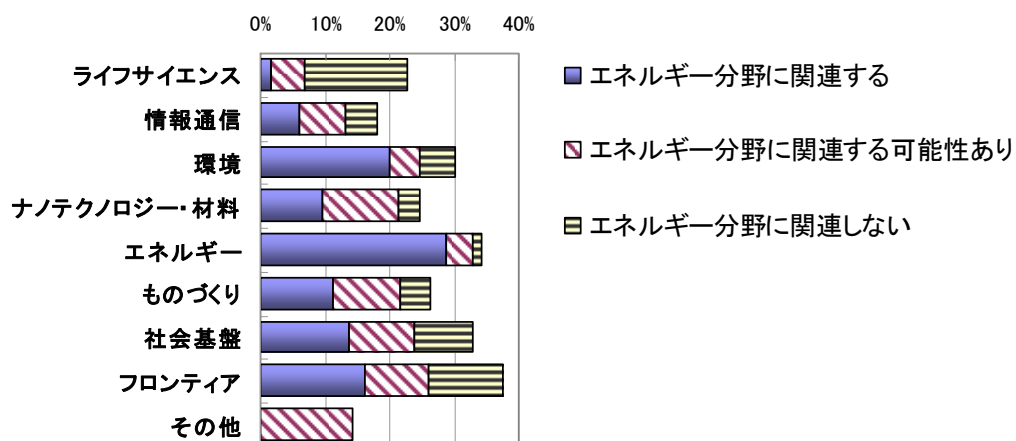
### 3.3 エネルギー分野に関わる人材の基本属性

エネルギー分野に関与する専門家の比率について、分野毎に比較して示す（図表9）。“エネルギー分野に関連する”と“エネルギー分野に関連する可能性あり”を合計した回答比率は、エネルギー以外の分野でも70～95%と高く、特に「環境」「ナノテク・材料」「ものづくり」では比率が高く、これら分野の専門家はエネルギー分野との関わりが大きいことが明らかとなった。全分野の中で、唯一ライフサイエンス分野のみが30%に満たない低い割合であった。

次に、所属団体（図表10）および職掌（図表11）の内訳を、エネルギー分野への関与の度合い毎に比較する。所属団体については、エネルギー分野への関与の度合いが高い程、企業の比率が高い。また、職掌については、エネルギー分野への関与が高い程、研究以外の企画・戦略・政策立案や開発に携わる専門家の比率が高いことがわかる。

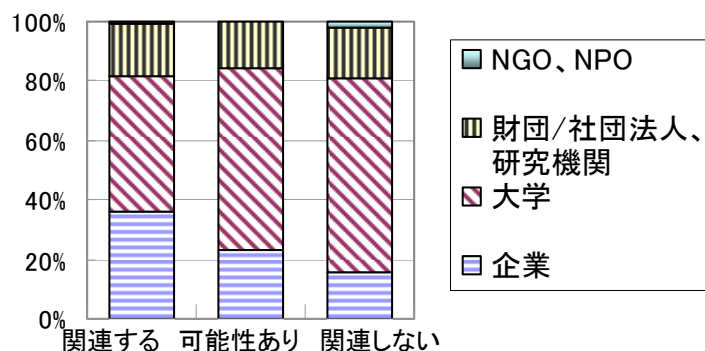
図表 9 エネルギー分野に関連する専門家の比率

Q あなたのお仕事は“エネルギー分野”に関連しますか？



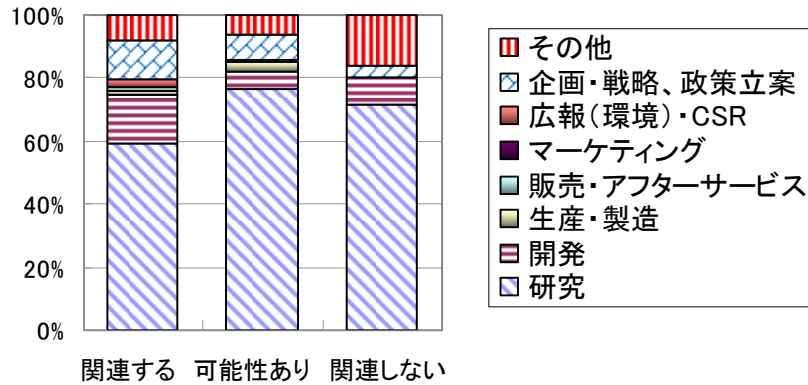
図表 10 エネルギー分野への関連度と所属団体の関係

Q あなたが所属する団体は？



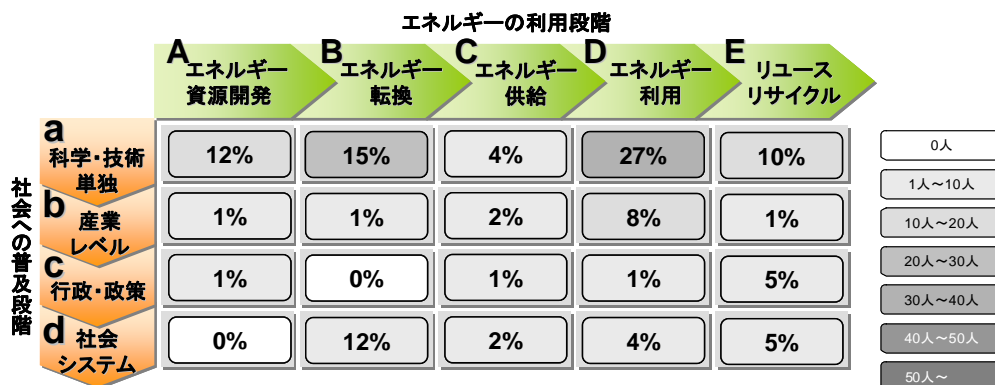
図表 11 エネルギー分野への関連度と職掌の関係

Q あなたのお仕事は？



次に、”エネルギー分野に関連する“と回答した専門家について、先に定義した「エネルギーの構成分野マップ」のどこに属するか、分布の状況を図表12にまとめた。社会への普及段階（縦軸）で見ると、「a. 科学技術単独」の領域が最も多い。しかし、数は少ないが産業から社会システムまで幅広く存在していることもわかった。また、エネルギーの利用段階（横軸）で見ると、「B. 転換」と「D. 利用」が他よりも多い傾向であった。エネルギー資源に乏しい我が国では、「A. 資源開発」に関わる専門家が少ない反面、エネルギーの効率的な転換や利用技術への社会的ニーズが大きく、この分野の専門家が多い。このような偏在状況は、我が国のエネルギー分野の一つの特徴を示唆しているものと思われる。

図表 12 エネルギーの構成分野マップにおける「エネルギー関連専門家」の分布状況

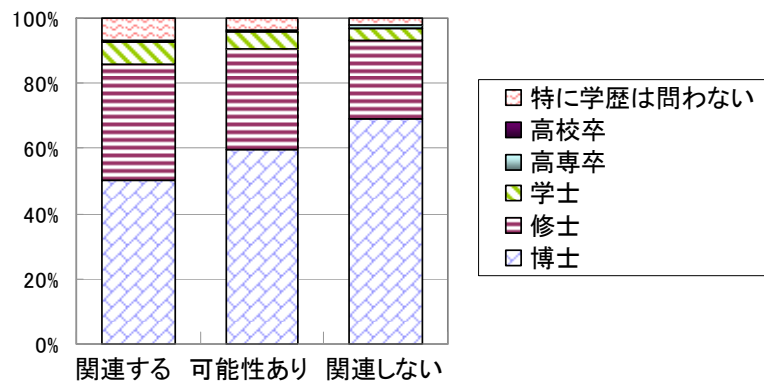


### 3.4 エネルギー分野の人材像

#### 3.4.1 組織の体制として

図表 13 必要とする学歴・専門性

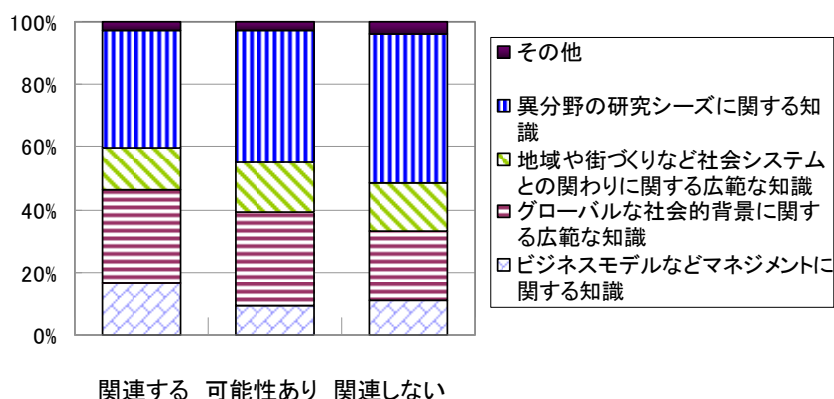
Q あなたのお仕事では、今後どんな学歴レベルの方が特に必要とされそうですか？



”エネルギー分野に関連する“と回答した専門家について、今後必要とされる人材の学歴としては、「修士」の比率が最も高く、「博士」の比率が最も低い。前章において、エネルギー関連人材に最も必要な素養として「多面的・俯瞰的あるいはジェネラリスト」というキーワードが示されているが、現在の「博士」課程の人材は、このようなニーズを十分満たしていないと推察される。

図表 14 新たに導入したい知識

Q あなたとあなたのお仕事にとっての“新たな知識”を導入する場合に求める事は、次のうちどれですか？【複数選択可】

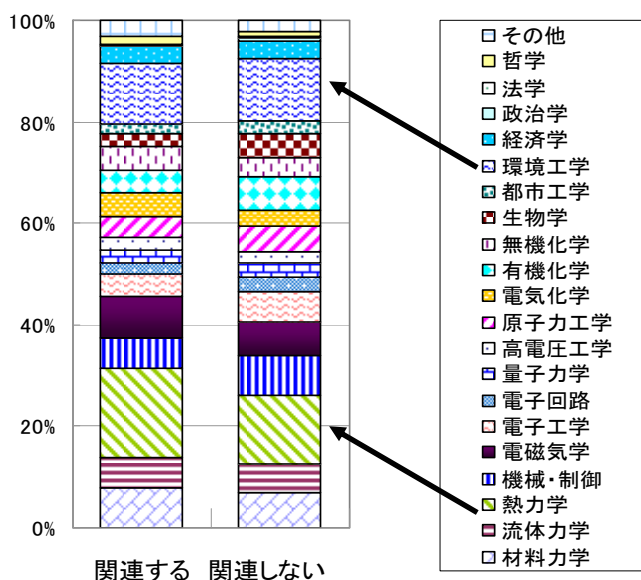


エネルギー分野への関連性が高い専門家ほど、「グローバルな社会背景に関する広範な知識」や「ビジネスモデルなどマネジメントに関する知識」など、研究シーズ以外の新たな知識を必要とする比率が相対的に高い。仕事を遂行する上で、社会的背景やビジネスなど広範な知識の理解が不可欠なエネルギー分野の専門性の特徴が現れたものと思われる。

### 3.4.2 個人の資質として

図表 15 素養として必要な大学教科

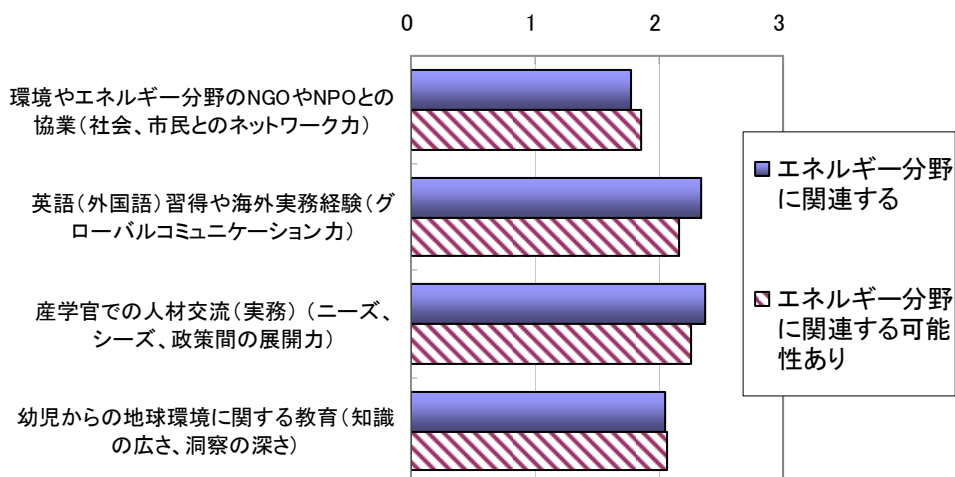
Q エネルギー関連人材に必要な素養として、大学での基本教科のうちどれが特に重要だと思いますか？ 【3つお選び下さい】



エネルギー分野への関連性が高い専門家が必要とする素養としては、「熱力学」と「環境工学」の比率が最も高く、最重要教科であると言える。また、エネルギー分野に関連性の高い専門家のほうが、「熱力学」「電磁気学」「電気化学」について必要な素養としてあげた比率が高く、エネルギーそのものを理論的に体系化した基礎的教科についても重要な素養として認識されている。

図表 16 適応力を高めるキャリア形成

Q エネルギー関連人材に必要な適応力を高めるために、特にどんな事を強化すべきだと思いますか？  
【点数をつけて下さい: 極めて重要:3、重要:2、普通:1】



エネルギー分野への関連性が高い専門家ほど、適応力を高めるキャリア形成として「英語（外国語）習得や海外実務経験」と「産学官での人材交流（実務）」を強化すべきとする回答の割合が高い。エネルギー分野における活動の国際化や産学官での連携の重要性を反映しているものと考えられる。

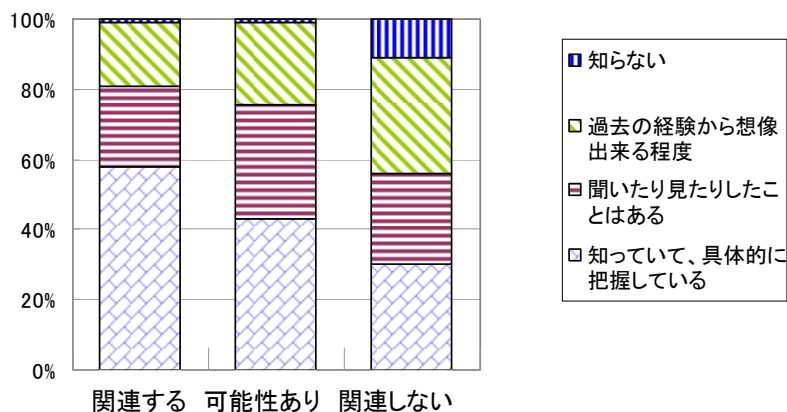


### 3.5 大学～産業間のコミュニケーション

#### 3.5.1 エネルギー関連人材像の相互理解

図表 17 大学側の産業人材ニーズの把握

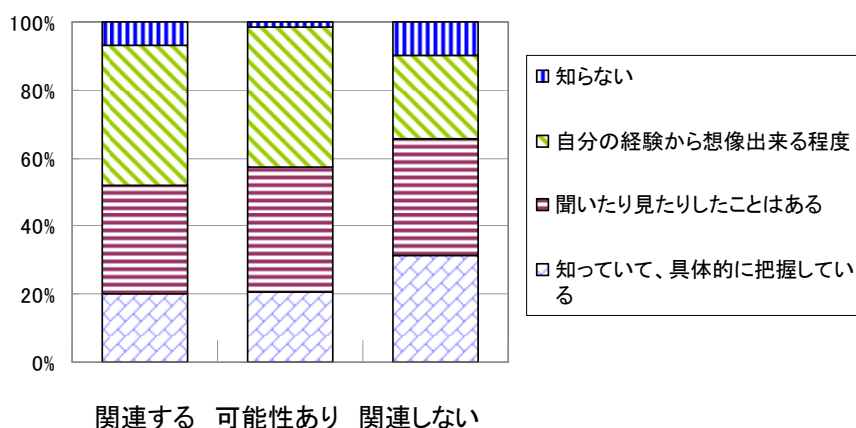
Q あなたの研究分野に関わる産業界が欲する人材ニーズをご存知ですか？（大学へ質問）



人材の供給源である大学においては、エネルギー分野との関連性が高い専門家ほど、産業界の人材ニーズを具体的に把握していると回答した比率が大きい。

図表 18 企業側の大学教科シーズの把握

Q あなたのお仕事に関連する学部や学科(大学)で、最近教えているカリキュラムをご存知ですか？（大学以外(企業、研究機関等)へ質問）

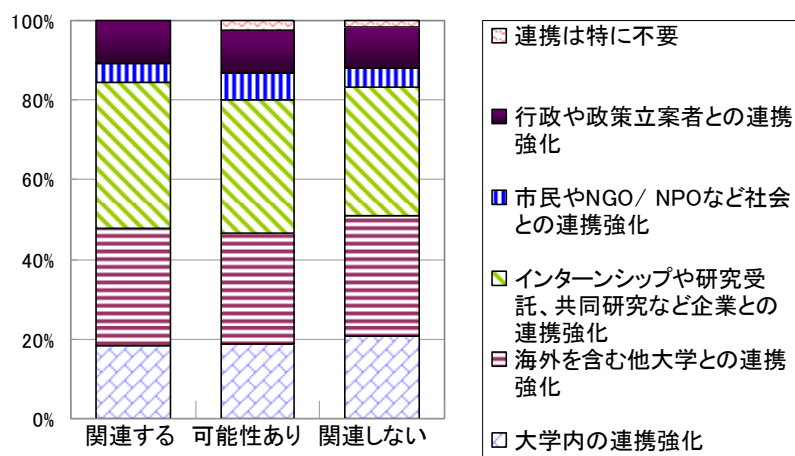


一方、人材の需要側である企業においては、エネルギー分野との関連性が高い専門家ほど、大学の教科内容について具体的に把握している比率は低く、過去の自分の経験を基に想像する、という割合が最も高かった。近年、人材の供給側である大学において、シラバスの体系変更など、カリキュラムの面で様々な工夫がなされている状況について、エネルギー分野に関連する企業側の理解が欠如しているものと推察される。このように、人材像に関するニーズ・シーズの相互の理解に大きな乖離があることから、両者のコミュニケーションが十分ではないことがわかった。

### 3.5.2 人材育成で強化すべき連携施策

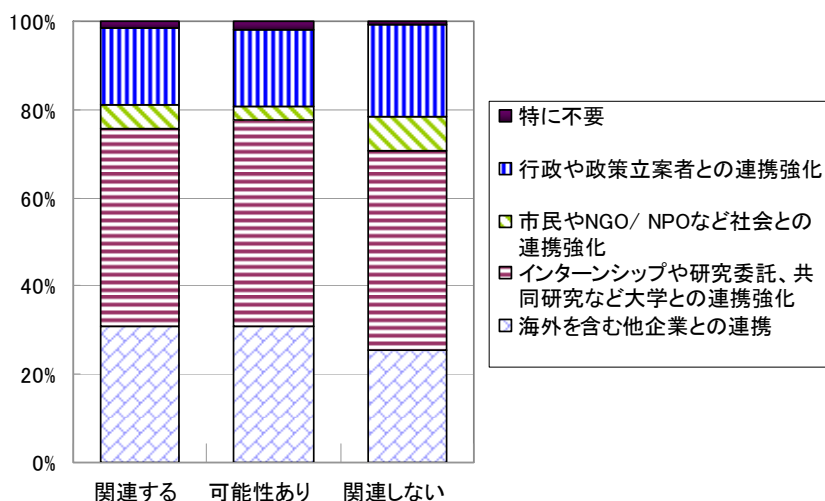
図表 19 大学における重要連携策

Q あなたの研究分野における人材の素養向上のためには、どの様な連携施策が特に有効ですか？  
【複数選択可】(大学へ質問)



図表 20 企業における重要連携策

Q あなたのお仕事の分野における人材の素養向上のために、どの様な連携施策が特に有効ですか？  
【複数選択可】(大学以外(企業、研究機関等)へ質問)

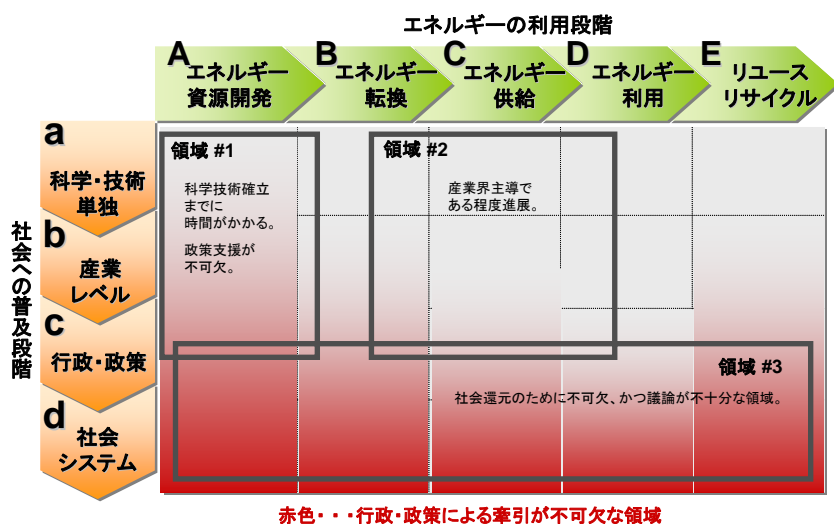


図表19と20を比較すると、大学、産業界ともに、エネルギー分野に関連性の大きい専門家ほど、「インターンシップや研究委託、共同研究など大学～企業間の連携強化」により大きく期待していることがわかった。

### 3.6 Phase 2 までに得られた論点の整理

これまでの座談会、電子会議、アンケート調査を通じて示された、エネルギー人材に固有な問題について整理して議論するために、3.1で示した“エネルギーの構成分野マップ”を用い、産業形態や仕事の質的な面での類似性を鑑み、以下の3つの領域にまとめることとする。

図表 21 エネルギー分野内の特徴的領域



#### ●領域 #1

この領域は、「A. エネルギー資源開発」が主なエネルギー利用段階で、将来の新エネルギーなどにも関わる。ここでは、科学技術確立に必要なブレークスルー創出までに時間がかかるため、政策的な支援が不可欠である。

#### ●領域 #2

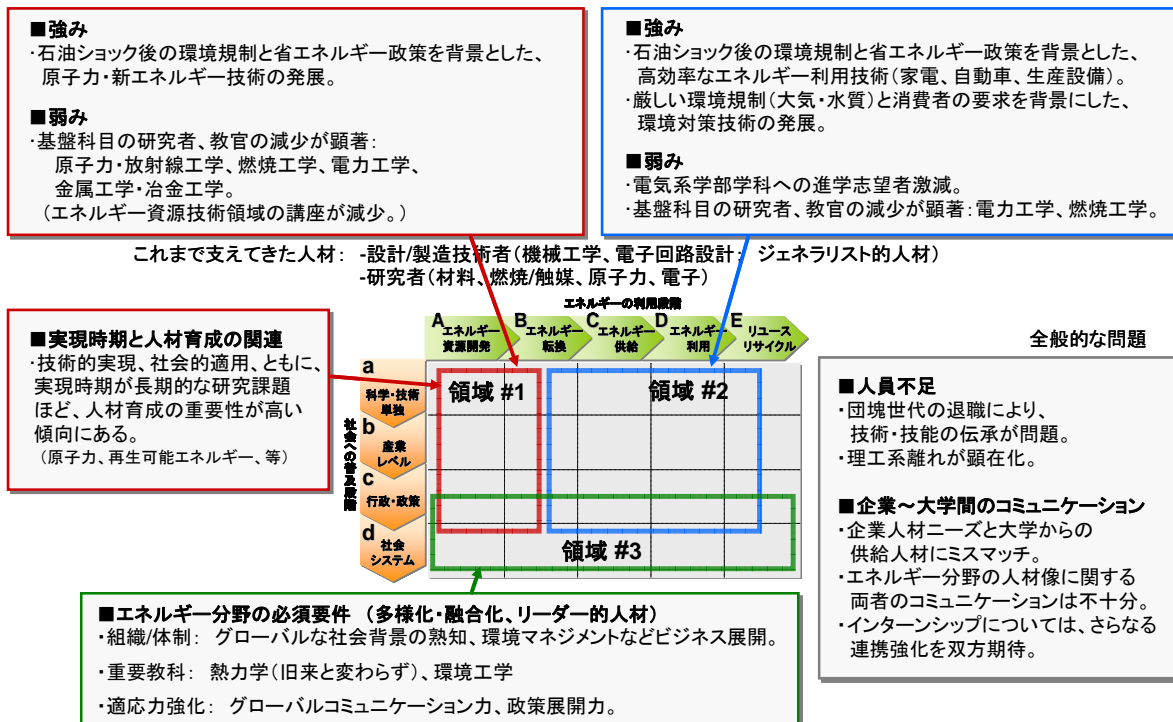
この領域は、主に「B. エネルギー転換」～「D. エネルギー利用」のエネルギー利用段階に該当する。ここでは、社会への普及段階においても、産業界の主導によってある程度まで進展が可能である。

#### ●領域 #3

この領域は、全てのエネルギー利用段階に関わり、かつ、社会への普及段階においても、「c. 行政・政策」～「d. 社会システム」など、行政や一般市民に関係する。この領域の強化があつて初めて社会還元が達成されるにもかかわらず、十分な議論がなされていない。

これら3つの領域に対して、これまで得られた人材問題をそれぞれ当てはめて整理し直したものが図表22である。このように整理することにより、エネルギー分野のどの領域で、どのような人材問題が生じているか、所在を可視化できるとともに、領域毎の産業構造や仕事の質的な特長と対応付けて、人材問題の発生要因と構造との関係を議論することが可能となる。

図表 22 ワークショップで設定したテーマとこれまでの検討結果



## 4 章 ワークショップ(Phase 3)

### 4.1 テーマの仮説

前章の図表 22 でまとめた 3 つの仕事の領域に対応した問題点や求められる専門性を踏まえ、次に議論すべき仮説として以下のテーマをあげた。これら仮説を基に、各業界や学会などですでに取り組まれている事例を披露し合い、エネルギー関連人材の問題の解決に向けてより具体的な施策を検討する場として、ワークショップを開催した。

#### テーマ1 資源開発（領域 #1）

- ・原子力や再生可能エネルギーなど技術確立に長期間を要する領域の育成策について。
- ・資源に乏しい我が国が、資源探査や開発で取り組むべき人材育成について。

#### テーマ2 転換/製造～供給～利用（領域 #2）

- ・理工系離れや技術・技能の伝承などの課題解決に向け、試みられている施策事例の紹介。
- ・世代や業界・専門領域を超えた広範な連携事例紹介。

#### テーマ3 社会システム・政策（領域 #3）

- ・多くの利害関係者が存在するこの領域で、産学官、各々の立場で実施すべきことについて。
- ・この広範な領域で望まれる人材像やキャリアパスについて。

### 4.2 ワークショップの概要

各テーマについて論ずるために、産業界、大学、学会、研究機関・シンクタンクなど広範な分野の関係者を集め、ワークショップを開催した。開催概要は以下の通りである。

- |               |   |
|---------------|---|
| ■ 目的：         | エネルギー分野の人材育成事例を収集し、育成策の方向性に関する示唆を得る   |
| ■ 日時：         | 2008年3月26日（月）10時～17時30分   |
| ■ 参加者：        | 下記、エネルギー関連の産学官関係者32名（詳細は資料3 p114参照）   |
| ＜大学＞          | 京都大学、東京工業大学、九州大学  |
| ＜企業＞          | 東京電力、大阪ガス、東芝電力システム、新日本石油、出光興産、<br>日産自動車   |
| ＜団体＞          | 自動車技術会、電気事業連合会、日本鉄鋼協会、石油産業活性化センター、<br>石炭エネルギーセンター、発電設備技術検査協会                        |
| ＜学会＞          | 電気学会、日本エネルギー学会、石油学会、自動車技術会  |
| ＜研究機関・シンクタンク＞ | 日本エネルギー総合工学研究所、石油天然ガス・金属鉱物資源機構、<br>電力中央研究所、日本エネルギー経済研究所、国立環境研究所、<br>みずほ情報総研、三菱総合研究所 |

### 4.3 人材育成事例の収集結果

ワークショップでは、テーマ毎の課題に沿った人材育成事例を披露し合い、その内容を理解するための質疑応答や議論を深めることによって、エネルギー分野特有の問題の所在と育成の方向性に関する示唆を得ることを狙いとした。以下に、紹介・論議された各事例から人材問題と育成策のポイントについて要点をまとめた。（発表者スライドは資料3 p124～144）

#### ●テーマ1 資源開発(領域 #1)

原子力開発、資源開発(産業・大学)、水素エネルギーに従事している立場から4事例の紹介があった。以下に概要を示す。

##### ①原子力（財団法人日本エネルギー総合工学研究所）

- ・国内におけるプラント建設数減少に伴って技術者が減り、大学での関連学科や科目も消滅している。
- ・産業界としては海外建設などの国際展開を図っており、これに対応できる人材が必要。
- ・研究開発が長期に渡るため、長期のエネルギー政策やロードマップの提示と共有が必須。

##### ②資源開発（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

- ・これからは特に、基礎科目（化学、数学、物理、化学）を熟知した人材が必要。
- ・国際感覚は必須であり、体系的な育成策や場が必要。

##### ③資源開発（九州大学）

- ・資源・エネルギー問題への関心の高まりとともに志望学生数・企業就職数は増加傾向にある。
- ・海外インターンシップが充実しており、資源開発の現場実習を通じた人材育成が学生の一つのキャリア形成につながっている。

##### ④水素エネルギー（九州大学）

- ・新たな社会インフラ構築を考える人材が必要。
- ・大規模実証プロジェクトなどで国際的プレゼンスを高めることが、優秀な人材を呼び寄せるためには有効である。

#### ●テーマ2 転換/製造～供給～利用(領域 #2)

鉄鋼関連、石油資源開発、化石/再生可能エネルギー、電気関連、自動車関連、大学の教育に従事している立場から7事例の紹介があった。以下に概要を示す。

##### ①鉄鋼（日本鉄鋼協会）

- ・大学での冶金等の学科・科目はかなり前から消滅しているため、それを補うために産業界として大学や社会人にセミナーや講座を実施し、これまで一定の成果をあげてきた。

②石油資源（財団法人石油産業活性化センター）

- ・企業の研究投資が減少し、同時に石油と名のつく学科・科目も消滅した。それを補うために産業から講師を派遣する講座を開設した。クリーン燃料やゼロエミッションなどの研究フロンティアにも取り組んでいる。

③化石・再生可能エネルギー（新日本石油）

- ・企業ニーズや社会的背景を基にした産学組織連携を実施し、大学での融合研究領域創出と研究フロンティア人材育成、異分野の知識融合を進めている。
- ・脱化石燃料の視点でビジネスモデルの構築ができる人材が必要。

④電力（電気事業連合会）

- ・学生の電気に対する人気がないので学科・科目が消滅し、結果として次世代を担う者が不足するという悪循環に陥っている。
- ・この状況を改善するために、産学による連携スキームを立ち上げ、電気分野の将来像や人材育成などについて議論する必要がある。

⑤自動車（日産自動車）

- ・会社に入ってから早期戦力化のために、入社前からの教育プログラムを実施している。
- ・これからの環境問題を考慮すると、自動車産業だけでなく、電力、道路、住宅、街など社会システムを理解できる人材やその分野との強い連携が必要である。

⑥自動車（自動車技術会）

- ・初等教育からシニアまで、ものづくりエンジニアの系統的育成策を展開しており、現在も継続している。
- ・自らのアイデアの実現・開発全体の体験、国際交流・競争を通じた魅力とスキルの体得を目指している。

⑦教育（東京工業大学）

- ・学際的エネルギー科学研究者を養成するためのプログラムを実施している。
- ・自らが自主的に横断研究テーマを設定し、深い専門性と柔軟な知識を養成する。

●テーマ3 社会システム・政策（領域 #3）

社会情勢分析・戦略立案、環境ビジネス、政策展開に従事している立場から4事例の紹介があった。以下に概要を示す。

①社会・エネルギー情勢分析および戦略立案（日本エネルギー経済研究所）

- ・エネルギーに関する各種講座を、企業・官庁の関連人材育成を目的に実施してきた。
- ・業界としてはコンサルティング業務に追われ、自主研究の頻度低下を懸念している。

- ・このような状況の中で人材を育成していくためには、学協会を中心に社会情勢やエネルギー戦略を議論する場が必要である。

#### ②ファイナンス・ビジネス（みずほ情報総研）

- ・排出権取引等の環境対応ビジネスニーズが高まっているが、市場規模はまだ小さいので、企業主導による人材育成は困難である。
- ・一方、政策と併せてエネルギーを論ずることのできるアナリストも人材不足である。
- ・大学の環境関連学科が百花繚乱だが、残念ながら現状のプログラムのままでは、卒業生を企業は採用できない。
- ・技術開発の将来像や国内外の経済情勢を俯瞰し、政策立案できる育成策と場が不可欠だが、具体的なキャリアパスについてはまだ明確にはなっていない。

#### ③政策展開〈スキーム・プロセス〉（財団法人発電設備技術検査協会）

- ・エネルギー国家戦略を構築していくためには、国際協力・ルール化プロセスへの参加が必須である。
- ・資源探査を目的にした地質調査の実行部隊が必要である。

#### ④政策展開〈安全規制〉（財団法人石炭エネルギーセンター）

- ・社会システムとして「規制」を有効にしていくためには、社会とうまくコミュニケーションできる人材が必須である。
- ・そのためには、理系教育でも文系並みのコミュニケーション能力育成（ゼミ方式・ディベート教育）を図る。あるいは英語をスタンダードにする。など思い切った方策が必要。

### 4.4 人材育成策の方向性に関する示唆

これまでに行われた人材育成施策の中で、示唆に富んだ特徴的な取り組みの例として、次の二つがあげられる。共通点として、「実際の物のイメージや実社会での活用現場を実感することによって、エネルギー関連産業の成り立ちや研究開発の臨場感や感動を得ることができる」という点があげられる。他の分野でも実施可能な内容を多く含んでいる、有効な人材育成事例と言える。

#### ●産油国へのインターンシップ(九州大学)

近年、資源開発現場が海外へ移行していることを踏まえ、実用的な資源開発技術者の育成を目的とした海外インターンシップを充実させてきた(過去20年で100名以上を派遣)。我が国の資源関連講座が閉講していく状況の中で、資源・エネルギー問題への関心の高まりも手伝って、学生の資源工学への志望は急増している。就職状況も良く、石油・資源開発系への就職先が伸びている。



### ●小学生からシニアまでの一貫育成策(自動車技術会)

自動車に関わる技術者育成のために、小学生からシニアまでの幅広い年代を対象にした育成システムを構築してきた。例えば小学生には、デザインやものづくりなどを通してまずクルマという物を理解してもらう。また大学生には、レースを軸にクルマの産業プロセス（企画・立案・プレゼン、製作・レース・評価）を体験してもらう。一方、転職や職務変更などにも対応できる様、社会人への能力開発なども手がけており、各年代の技術者を段階的に育成し、かつ、技術者の裾野を広げる工夫がなされている。



## 5 章 調査結果に基づく考察

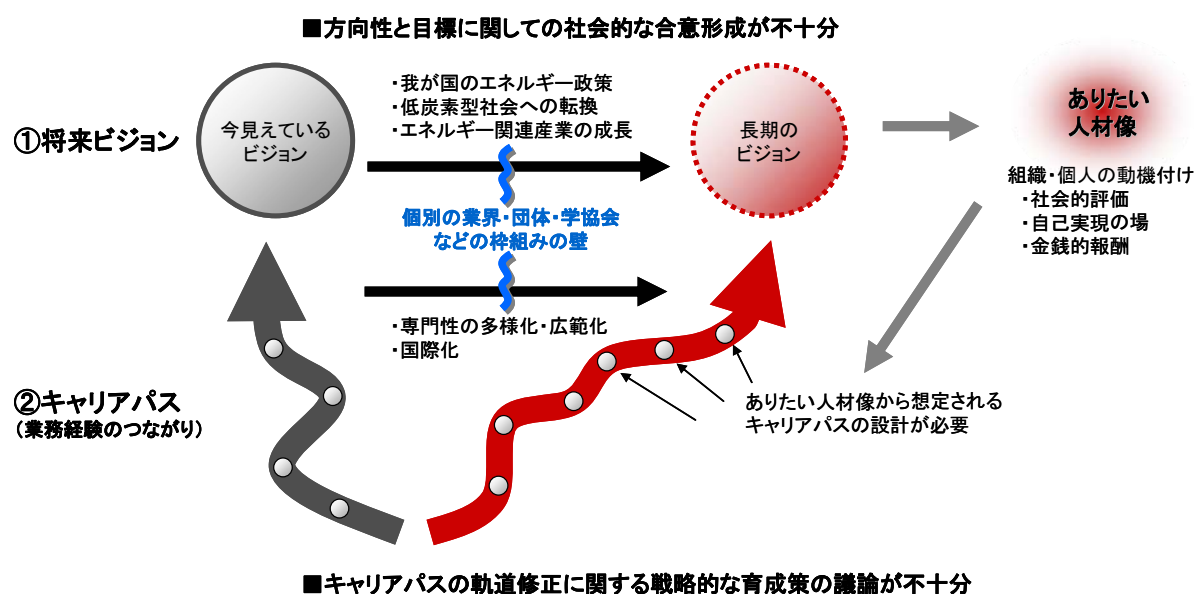
1.3 で示した本調査の以下の目的に沿って、これまでに得られた結果をもとに考察を行う。

- (1) エネルギー関連人材問題を俯瞰的かつ構造的に理解する。
- (2) これまでのエネルギー関連人材育成策の充足度を評価する。
- (3) これから必要なエネルギー関連人材育成策の方向性を見出す。

### 5.1 エネルギー関連人材問題の俯瞰的かつ構造的理解

「人材育成」には様々な側面からの捉え方があるが、我々は今回の調査結果全体から、図表 23 に示すように、①分野の将来ビジョンを理解・共有した上で動機付けされる人材像、および②そこに行き着くためのキャリアパス（業務経験のつながり）の設計、が重要であると考えている。人材育成に関してこれまで得られた調査結果をもとに、この2つの視点からエネルギー分野に関わる人材問題を考察する。

図表 23 エネルギー関連人材問題の構造



#### 5.1.1 ①将来ビジョンの理解と共有の必要性

これまでの調査を通じ、「改善すべき問題として、エネルギー分野の長期ビジョン（方向性や目標値、指針など）に関する社会的な合意形成への取り組みが不十分」との指摘が多くあった。我が国のエネルギー分野の長期ビジョンとしては、資源エネルギー庁が2006年5月に「新国家エネルギー戦略」を公表している<sup>15</sup>。低炭素型社会への転換を目指し、中長期にわたる軸のぶれない戦略的取組体制を官民一体で強化することや、エネルギー技術を支える人材の確

保を戦略として掲げているが、必要な人材像や実際の育成策については具体的な言及が無い。エネルギー自給率の低い我が国にとっては、原子力や再生可能エネルギーなど、将来のエネルギー産業を牽引する人材の育成が不可欠であるが、今後多くの利害関係者との対話を踏まえ、合意形成に取り組むことが急がれる。エネルギー分野は、社会を変革するための技術的ブレークスルーを見出し実現するまでに、最短でも10年単位の研究開発期間を要する。ぶれない中長期エネルギー戦略を踏まえた長期間の人材育成策として、計画・実行することが重要である。

### 5.1.2 ②キャリアパス(業務経験のつながり)の設計

エネルギー関連人材のキャリアパスとして、専門性の多様化、広範化および国際化などの点を強化する必要があることは認識されている。しかし、その具体的な方策については、エネルギー分野内の業界内・専門分野内で閉じた取り組みが多かった。また、大学が産業界へ送り込む人材要件について、双方に見解のギャップが存在した。入社後にその業界に則した育成方法を構築している産業側と、社会・産業ニーズを先取りして学際的な教科履修を展開しようとしている大学側との間には、あるべき姿を共有するための本質的な議論が不十分であることがわかった。しかしながら、エネルギー関連人材としてのあるべき姿を検討するためには、前記①に示したように、明確な長期ビジョンや戦略・計画が不可欠である。長期ビジョンが示されることで、それを実現するための魅力的な組織や、個人のありたい姿を動機付けとともに明示出来るようになり、キャリアパス設計に関する議論がはじめて可能となる。

## 5.2 これまでのエネルギー関連人材育成策の充足度評価

### 5.2.1 ワークショップで提示された視点に基づく評価

このように、現在のエネルギー分野に起きている人材問題は、単なる人材育成の問題だけではなく、エネルギー産業構造やエネルギー利活用社会システムという観点で、長期的なビジョンや目標が、広範な利害関係者内で十分共有されていないことに起因している。

我が国として多くの利害関係者が長期ビジョンを共有するために、産学官としてやるべき方策は何かということについて、次のように検討した。

以上の①将来ビジョンの理解と共有、②キャリアパス設計という二つの重要な視点から、これまでエネルギー分野で取り組まれてきたことについて、ワークショップ(Phase 3)で示した領域毎に評価を行い、図表24に判断結果としてまとめた。

それぞれの評価軸の指標は4段階で示し、棒が右側に長いほど理想的状況であることを意味する。「①将来ビジョンの理解と共有」の形成度合いについては、エネルギー分野で実施されてきた研究内容や学会・シンポジウムでの議論、また実施中の政策・施策などを踏まえ、総合的に評価した。「②キャリアパス設計」の検討状況については、ワークショップ(Phase 3)における人材育成事例、その他実施中の人材施策などを考慮し、総合的に評価した。

## ●「①将来ビジョンの理解と共有」に向けた取組み

図表24に示す領域#1では、再生可能エネルギーを含む多くのエネルギー種個々の推進施策などは存在し、我が国が目指すべきエネルギーミックスや必要な革新技术について示されている。しかし、そのために必要な人材像については、質および量の両面で方針（シナリオ）が示されていない。

「IPCC第四次評価報告書」<sup>16</sup>や「CoolEarth-エネルギー革新技术計画」<sup>17</sup>で述べられている低炭素社会シナリオなどの提言により、温室効果ガス削減に対する議論が、多くのシンポジウムで盛んに行われるようになってきた。また、低炭素社会に向けた国際的なシナリオ形成によって、我が国でも学際的な検討がスタートしている。領域#3はまさにこれらを議論する領域であり、“将来社会シナリオの提示”の段階にまで進展していると判断できる。しかしながら、例えば、温暖化ガス排出量を半減するという目標を実現するための具体的な目標値や道筋については現在模索中であり、産学官民すべてを交えた目標・方針の社会的合意に至っていないとはいえない。

図表 24 人材育成策の充足度評価(多様性の視点)

人材育成 二つの 指標  テーマ	①将来ビジョン				②キャリアパス (業務経験のつながり)			
	個別の 学会・ 業界での 目標議論	個別の 政策・ 施策の 実行	将来社会 シナリオ の提示 (マルチパス)	目標・方針 の社会的 合意形成	個別の 学会・業界 内(国内)	個別の 学会・業界 内(海外)	異なる 学会・業界 での経験	学会・業界 や国籍を 超える経験
#1 資源・開発 科学技術確立までに 時間がかかり、 政策支援が 不可欠な領域	■				■			
#2 転換/製造～ 供給～利用 産業界主導で ある程度進展する領域	■				■			
#3 社会システム・ 政策 社会還元のために 不可欠、かつ議論が 不十分な領域	■				■			

## ●「②キャリアパスの設計」に向けた取組み

キャリアパス設計という観点からは、図表24に示すように、どの領域の人材育成策も個別業界内での閉じた育成策がほとんどである。“異なる学会・業界での経験”までには至っていない。ただし、領域#3では、社会科学、金融・経済、技術などを広範に手がけるシンクタンクにおいて、若干の方策議論が開始されたところである。

## 5.2.2 ライフサイクル上の取り組み

本調査で収集した人材育成事例（資料3 p113～144）および省庁におけるエネルギーに関連する分野への取り組み事例（参考資料 p147～165）から代表的なものを抽出し、その育成内容を図表25にまとめる。各育成策が対象と想定している育成段階については、図中横軸のライフサイクル上に範囲で示している。この図から示唆されるように、既に各領域では、多くの人材育成の取り組みが行われており、それらの施策が奏功して、現在は人材問題が解消されつつある分野もあると言える。

特に、これまでの取り組みは、大学・大学院段階での育成支援策が多く、各業界内でトップクラスの研究・開発者による講座を設けることや、企業がインターンシップを受け入れることなどが主であった。産業界での人材育成の取り組みとしても、個別業界内の学協会による講座開設、能力開発支援やシニア再活用による技術継承推進などが見られた。一方で、小・中学校～高校での育成施策は少ない。

図表 25 人材育成策の充足度評価(ライフサイクルにおける位置付け)

人材育成事例 対象となる 育成段階	小学	中学	高校	高専 大学	大学院 修士	企業 博士	社会人 ポスドク	シニア
<b>Phase3 ワークショップの事例</b>								
●ケース#1 資源開発(独立行政法人) 資源開発(大学) 水素エネルギー(大学)				大学間連携授業 産油国へのインターンシップ 水素に特化した地域施設、授業				技術継承
●ケース#2 鉄鋼(事業団体) 石油資源(財団法人) 化石・再生可能エネルギー(産業) 電力(事業団体) 自動車(産業) 自動車(学会) 教育(大学)				セミナー リレー講座 研究テーマ探索 パワーアカデミー 早期教育(入社前)				
	デザイン教室、ものづくり体験	手づくり自動車		学生フォーミュラ大会		能力開発支援	シニアエキスパート	
				学際化プログラム				
●ケース#3 社会・エネルギー情勢分析 (シンクタンク)						エネルギー基礎講座、夏期大学		
<b>実施中のエネルギー人材関連施策</b> 文部科学省・経済産業省 経済産業省				原子力人材育成プログラム				
	エネルギー・コミュニケーター制度							←同制度

### 5.3 これから必要なエネルギー関連人材育成策の方向性

以上のように、既に多くの人材育成策が実施されていることが改めてわかったが、具体的には、以下のような状況にあると言える。

- ・人材育成（キャリアパス設計）に関する活動が業界や専門領域内で閉じている（図表24）。
- ・人材育成策の多くが大学・大学院の段階に偏っている（図表25）。

エネルギー分野では、専門性の多様化と広範化、および学際的な取り組みを強化していくことが今後必須とされるが、そのためには個別の学会や業界の枠組みを超越した連携が求められる。さらにこの連携は、子供から学生、社会人、シニアまでのライフサイクル上のあらゆる時期でなされるべきであり、このことがすなわちこれからのエネルギー関連人材に必要なキャリアパスにつながるものと考ええる。

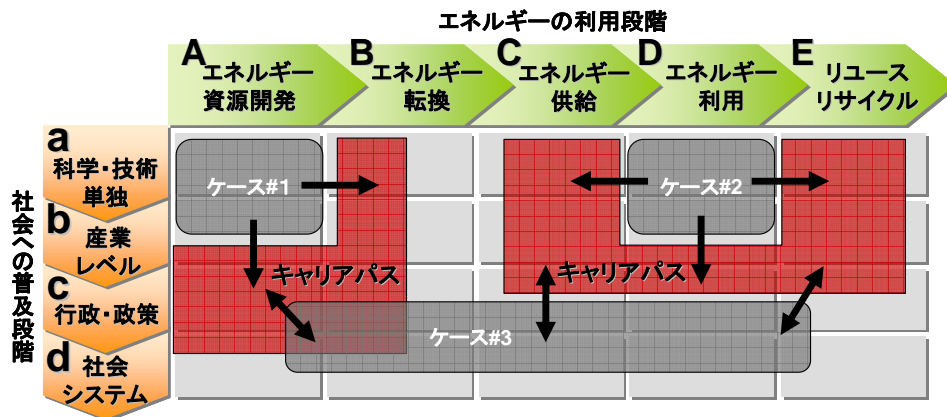
以上の点を改善するために、次のような人材育成の方向性が望ましいと考えられる。

#### 5.3.1 業界や専門領域を超えた活動連携(図表 26)

##### (1) 業界や専門領域を超えた業務と人材交流

エネルギー分野においては、これまでの活動や人材育成（キャリアパス設計）は、業界や専門領域内で閉じていた。このため、単独の立場では解決が困難な課題が顕在化し始めている。例えば、将来の自動車開発を考えた場合、1次エネルギー源の問題だけでも、化石燃料から原子力や再生可能エネルギーまで広がり、エネルギー多様化の時代を迎える。最近では電気自動車の研究開発も進展し、社会に適用するための実証実験も始められている。しかしながら、現状のテーマ設定は、自動車と電力に関わる各企業間の取り組みや、企業と行政との個別連携による検討に留まっており、将来のまちの交通や暮らしにおけるエネルギーインフラを含めた社会システムを変革する議論までには至っていない。このような、これまでの業界や専門分野から見て互いの境界領域に位置する扱いにくいテーマ、あるいは全体を包含し社会システムの変革を伴う俯瞰的かつ横断的テーマは、国レベルで具体的に特定され、関連する団体によって業務と人材の交流が図られるようにすることが望まれる。中には産業界のみで連携可能なテーマ、産学官全体での連携が不可欠なテーマなど、様々な種類があるが、これらを推進する際には、人材流動を伴う積極的な交流まで踏み込む必要がある。これまで誰が検討するのか不明瞭であった境界領域の問題に対して産学官が連携し、業界や団体の枠組みを超えて業務経験をさせる戦略的なキャリアパスを設計し、そのことによって人材を育成していくことが必要不可欠である。

図表 26 バリューチェーンにおけるキャリア構築の考え方(例)



## (2)異分野の交流を促進するための場の設定

上記（1）で述べたような、一企業あるいは一業界の枠を超えて重要な研究テーマは、国として特定し、取り組むべきであろう。しかし、そのようなテーマの候補を選定し、また特定された後の議論を牽引するためには、政府だけではなく、学協会においても学術的議論を展開する場を設けることが必須である。具体的には、複数の学協会の間でジョイントシンポジウムやワークショップなどを通して、学協会以外の多くの利害関係者らとも対話を進め、社会的合意に向けた醸成を図っていく場が必要である。また、エネルギーに関する人材問題が、重要課題であることを象徴的に認知させるために、新たな連携母体・機関を設置することも1つの方策であろう。国際機関との連携も必須であることは言うまでもない。従来、国家プロジェクトは分野横断的なリーダーを育成してきた。新たな連携母体を活かした人材育成は、人材問題に対して大きな効果があるものと期待され、政府は積極的に支援していく必要があるだろう。

### 5.3.2 ライフサイクル上考慮すべき人材育成策(図表 27)

#### (1)エネルギーに関して総合的な視点を醸成させる早期教育

エネルギーの資源や技術に関する知識のみならず、エネルギーによって作られる製品やサービスなども含めた総合的な視点を、小中学校の段階から総合的に学習し、実物にも触れる機会を設けることが人材の早期育成として効果的である。初等教育でこのような機会が実現すれば、実社会におけるエネルギーの重要性や位置付けを、身近な生活体験の中で実感することが期待できる。特にエネルギー消費削減は、地球温暖化や生態系、また環境リテラシーなどの側面からも重要であるため、環境・エネルギーの総合的な教育が、より望ましい。

このような活動は既にいくつかの小中学校で実施しているが、一部だけではなく全国的に実施されることが望ましい。また、エネルギーを理解するには、複数の教科にまたがる知識を用い、エネルギーに関わる技術が実社会でどのように役立ち、生態系などの環境に対してどのような影響を与えているのか、総合的かつ体系的に教える必要がある。そのためには、学校の教育者・指導者と広範な関係者が連携して方策を策定していくことが肝要である。例



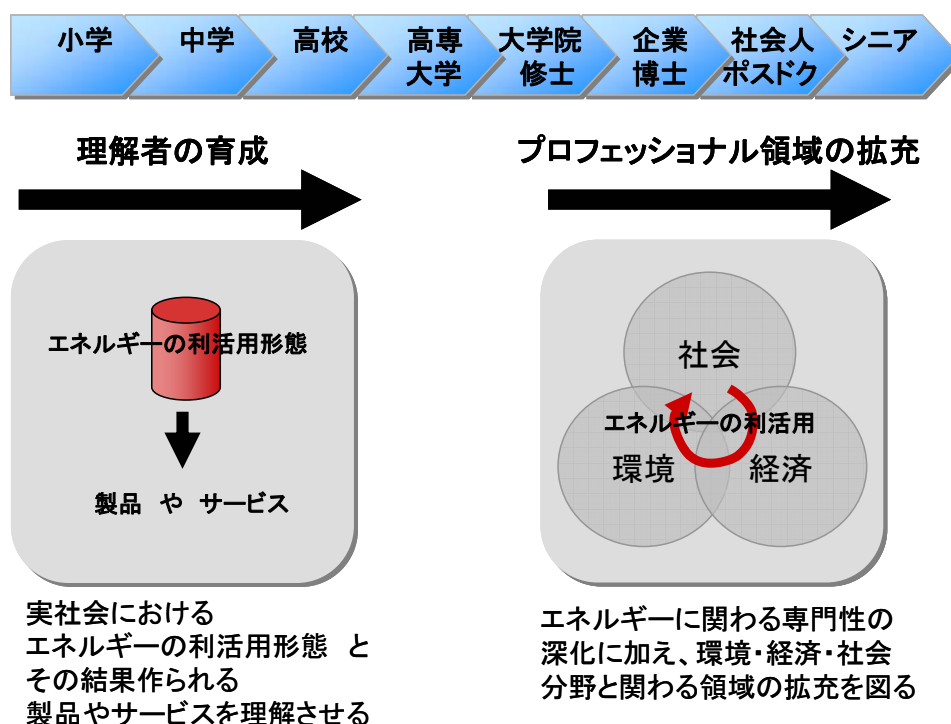
えば、教師に対するエネルギー教育、あるいはエネルギー分野の研究者を教師として招聘するなどの対策が望まれる。

高校までの段階では、人類の経済活動の源となるエネルギーについて、国内のみならず、国際的な政治・経済情勢とも関連付けて理解できるようになることが望ましい。また、このような総合的な環境・エネルギー教育を通じて、エネルギーの重要性のみならず、研究の面白さを実感し、大学進学時にはエネルギー関連分野を専攻する学生が増えることを期待したい。

## (2) 新たなプロフェッショナルの育成

エネルギーに関する科学・技術については、今まで以上に更なる進展を目指し、我が国としての強みを構築していくことが大事である。しかし現在の問題として、特に現実社会の中で、環境と経済を両立させるためのエネルギー関連テーマを設定できるようなリーダー人材が不足している。このような人材の育成のためには、大学以降のライフサイクルにおいて、“新たなプロフェッショナル”を作っていく必要がある。これに該当する人材とは、例えば産学官やNGO、NPOなどの中で幾つかのキャリアパスを経て創られる人材であるが、必然的にその育成には時間がかかってしまうため、戦略的なキャリアパスの設計が必須である。また、一企業あるいは一業界の枠を超えた人材育成のマネジメントも求められる。もちろん、国際的舞台での経験も重要になってくることから、ツールとしての英語力のみならず、グローバルに通用する交渉能力、多様な文化に対する理解や適応力、などを持つことも必須である。

図表 27 ライフサイクル上考慮すべき人材育成策



### 5.3.3 座談会による意見交換

前述した通り、エネルギーに関連する人材の専門性の多様化と広範化、および学際的な取り組みを強化するためには、個別の学会や業界の枠組みを超越した連携が必要である。また、人材育成には、将来ビジョンを共有する必要性も指摘されている。そこで、これまでの結果をもとに、提案をより具体化するために、当初より本調査にご協力いただいた方々を招いて、座談会を実施し議論を深めた。座談会の概要は、次の通りである。

■ 目的：これまでの調査結果報告と以下の2点について具体的方策の道筋をたてる

- ① 将来ビジョンの共有がないために生じている大学と産業のミスマッチ
- ② 枠を超えた連携と俯瞰的議論を進める場の創成

■ 日時：2009年3月31日（火）13時30分～20時30分

■ 参加者：エネルギー分野関連の産学官関係者15名（詳細は資料4 p146参照）

<大学>	工学部系(機械、資源、原子力、エネルギー科学)
<企業>	エネルギー関連企業（電力、ガス、石油、石炭、重工業）
<学協会、研究機関>	学協会：日本エネルギー学会、電気学会、鉄鋼協会 研究機関等：エネルギー系、銀行系の研究所
<官庁>	経済産業省

座談会では、最初に事務局からこれまでの結果をまとめた「報告書案」の概要を説明し、本調査で明らかとなった結果や考察について説明した。次に各参加者からの意見を収集した。

#### ●本調査に対する提案、助言

これまでの結果について議論し、新たな視点として出された意見は以下の通りである。

##### ①企業での人材育成も重要

- ・人材育成に関する活動が、業界や専門領域の分野を超えて行われることは重要であるが、分野内あるいは企業における人材育成も従前通り必須である。
- ・ライフサイクル上の育成という言葉があるが、ここでの人材育成は、産業競争力や職業人としての育成であり、生涯学習ではないと考える。新卒人材の質の向上も大切であるが、まず組織内で誰もが60点を取れる教育システムを構築することが先決である。

##### ②人材育成には業界全体で積極的に関与する

- ・必ずしも企業と大学のミスマッチという問題はエネルギー業界特有の問題ではない。しかし議論する場が必要だというのは同感であり、その1つの場として学協会を活用していくべきだろう。学協会をハブとするという書き方からもう一步踏み込んで、例えば、企業の人が学生に接触して直接育成できるような場など、具体的な形を提示してはどうか。

### ③国際的センスを身につける

- ・エネルギー人材問題の全ての解決策にならなくても、俯瞰的に物が見られて、国際的な感覚があり、語学ができる人材が多数輩出されることは、昨今の状況を鑑みて望ましいことである。

### ④興味を持たせる

- ・科学や技術に興味を持つ人を増やす方策が重要である。この報告書は、エネルギー分野をリードする少数エリートの育成方策と理解される。エネルギー分野の人材育成で大学が担う役割、また少数エリートが将来活躍する場面をより明確にしてはどうか。

### ⑤道徳心の向上

- ・金銭などの処遇を求めるだけの人材ではなく、高い道徳心を持つ人材を育成できないか。昨今、本来持つべきモラルの低下が感じられ、この点についても取り上げてはどうか。

## ●提案に対する意見

その後、今回の調査の結果に基づいた、前述した事務局の提案である、次の2点について話し合った。多様な意見が出されたが、特に多かった意見についてのみ以下に記す。

### ①将来ビジョンの理解と共有の必要性

この問題の認識は「将来ビジョンの共有がないために生じている大学と産業のミスマッチ」である。このテーマに対して、多くの意見が出されたが、特に下記の点は参加者全員の共通認識といえる。

- ・国が主体となって具体的目標を定め、合意形成を行うことが重要である。
- ・その合意形成のために、企業、教育機関、国などによる議論の「場」が必要である。

### ②業界や専門領域を超えた活動連携

ここでは、「枠を超えた連携と俯瞰的議論を進める場の創成」について、話し合った。以下に記す意見に対しては、ほぼ全員の合意を得た。

- ・創生される「場」については、上記の合意形成のほか、参加者全体あるいは個別の情報交換、人材交流への役割が期待される。
- ・また人材問題に関する課題解決策の策定・実践、政策提言も含めた適切な情報発信も行うことが必要である。
- ・その場には、問題意識を有する多くの参加を求めることが重要である。若手研究者や学生、一般市民なども含め、広く参加者を求めるべきである。

ただし「場」をどの機関が主導すべきかについては、学協会、国あるいは地方自治体に期待するなど、異なった多くの意見が出され、それぞれの立場による認識の違いから、全員の合意には至らなかった。



## 6章 まとめ

エネルギー分野における人材問題の所在と育成策の方向性について、本調査で得られた知見や方向性について、以下のようにまとめた。

### 1. エネルギー分野特有の人材問題

#### 1.1 将来ビジョン共有に関する問題

従来からエネルギー分野では中長期目標やロードマップなどを個別技術毎に策定しており、さらに最近では、低炭素社会実現に向けた学際的な検討もスタートしている。温暖化ガス排出量を半減するという目標を実現するための具体的な目標値や方策について模索を始めたところである。しかしながら、低炭素社会への転換に向けた国民の合意形成のために、産学官民から多くの利害関係者を交えた活発な議論が随所で実施される、という段階には至っていない。かつては将来の長期ビジョン（国としての方向性や目標値、指針など）に関して社会的な合意形成が不十分であったため、特に次世代のコア技術構築に長期間を要する研究開発現場で、計画的な人材育成策の実施が困難となっていることが本調査で分かった。

#### 1.2 キャリアパスに関する問題

エネルギー関連人材のキャリアパスとして、専門性の多様化・広範化、および国際化などを強化する必要があることが認識され、様々な育成策が実施されているが、その実施範囲はエネルギー分野の業界内・専門分野内で閉じた取り組みが多かった。また、大学と産業界が考える人材要件について、双方の見解のギャップの存在も明確となった。入社後、業界に則した育成方法を構築している産業側と、社会・産業ニーズを先取りして学際的な教科履修を展開しようとしている大学側との間には、理想とする人材像を共有するためのコミュニケーションが不十分であることもわかった。このコミュニケーション・ギャップを互いに認識できないと、長期的な人材育成に必要なキャリアパス設計ができない。

#### 1.3 ライフサイクル上の問題

これまでの人材育成策の取り組みは、大学・大学院段階での育成支援策が多く、各業界内でトップクラスの研究・開発者による講座を設けることや、企業がインターンシップを受け入れることなどが主であった。産業界での人材育成の取り組みとしても、個別業界内の学協会による講座開設、能力開発支援やシニア再活用による技術継承推進などが見られたものの、将来のエネルギー分野を牽引するリーダーを輩出するための戦略的な育成策は見られなかった。他方、小・中学校～高校での育成施策は少ない。

### 2. 今後の人材育成の方向性

これらの問題を解決するためには、専門分野や企業・業界の枠を超えた連携と産学官民を交えた多様な議論を行い、将来ビジョンとセットでキャリアパスなどの人材育成策の制度設計をしていくことが求められる。特に将来ビジョンを共有するためには、政府だけではなく

学協会において学術的議論を展開することが重要である。学協会以外の多くの利害関係者とも対話を進め、社会的合意を醸成するための新たな連携の「場」を仕組みとして機能させるために、政府は積極的に支援していく必要がある。

## 2.1 短期的な人材育成策

産学が学術的議論を共有している既存の学協会を中心として、複数の学協会間、あるいは業界間の積極的な意見交換を行う施策が効果的である。今回実施したような、エネルギーに関連する産業界と学協会が一堂に会して、各々の人材育成への取り組みを披露しあい、問題点を共有し、エネルギー分野全体としての視点で人材育成策を検討することが望ましい。その施策のスタートに際しては、今回のような行政あるいは政策決定者による呼びかけに加え、場を形成するための資金的支援なども有効である。さらに、これまでの業界や専門分野から見て互いの境界領域に位置する扱いにくいテーマ、あるいは全体を包含し社会システムの変革を伴う俯瞰的かつ横断的テーマは、国レベルで具体的に定め、関連する団体によって交流が図られるようにすることが望まれる。産業界のみで連携可能なテーマ、産学官全体での連携が不可欠なテーマなど、様々な種類があるが、これらを推進する際には、産学官が参加して戦略を検討する場として、既存の学協会や研究会などが候補になるであろう。

## 2.2 中長期的な人材育成策

大学院・社会人以降では、今後不可欠となる人材要件として、国際的舞台での議論や政策提言まで可能なスキルも有するプロフェッショナルを育成する施策が求められる。例えば、海外でのインターンシップなどOJT (on the job training) の機会を与えることも重要であろう。このようなプロフェッショナル人材を育成するには、業界や団体の枠組みを超えた業務経験をさせる戦略的なキャリアパスが不可欠であり、国レベルでの人材育成マネジメントが望まれる。このようなプロフェッショナルを育成する前提として、まず前述したような長期ビジョンや、それを実現するための重要研究テーマの特定が不可欠である。その際、テーマの選定や議論の牽引には、学協会の役割が期待される。複数の学会によるジョイントシンポジウムやワークショップ、あるいはエネルギー分野の新たな枠組みに応えるために専門の調査研究母体や機関を設置することが、学術的議論を活発にすると同時に、プロフェッショナル人材育成のための知識のハブとして役割を果たすものと考えられる。

一方、小学校からの環境・エネルギー教育を強化することによって、実社会におけるエネルギーの重要性や位置づけを、身近な生活体験の中で、誰もが実感できるようにしていく必要がある。高校までの段階では、人類の経済活動の源となるエネルギーについて、国内のみならず、国際的な政治・経済情勢とも関連付けて理解できるようになることが望ましい。

本調査で実施したような、エネルギー分野内のあらゆる領域の専門家を交えた座談会等の場が、エネルギー分野を活性化させ、人材育成にもつながる、との意見が多く寄せられた。今後も政府がこの様な連携の機会を作っていくことが望まれていることから、関係者間のコミュニケーション手段としても有効であると考えられる。

## 謝辞

本調査を進めるにあたり、アンケートに参加していただいた方、座談会やワークショップへ参加された方、そしてそれ以外の多くの方々からのご指導ご助言をいただきました。ここに御礼申し上げます。

以上

## 参考文献

- 1 NISTEP REPORT No.106「科学技術分野の課題に関する第一線級研究者の意識定点調査」、科学技術政策研究所（2007 年 10 月）  
<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep106j/pdf/rep106j.pdf>
- 2 エネルギー分野、分野別推進戦略、総合科学技術会議  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihon3/bunyabetu7.pdf>
- 3 エネルギー環境教育情報センター  
<http://www.icee.gr.jp/koubo/energy-communicator.html>
- 4 平成 20 年度「原子力人材育成プログラム」実施方針、文部科学省ホームページ  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/boshu/detail/08020817/003.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/boshu/detail/08020817/003.pdf)
- 5 ダブル”ダブルメジャー制、メジャーマイナー制、ジョイントディグリー制の導入”  
<http://www8.cao.go.jp/kisei/giji/004/4.pdf>
- 6 科学技術・理科大好きプラン、文部科学省  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/004/05111603/006\\_2.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/004/05111603/006_2.pdf)
- 7 産学人材育成パートナーシップ、経済産業省  
<http://www.meti.go.jp/press/20080718002/20080718002-3.pdf>
- 8 産学連携製造中核人材育成、経済産業省  
<http://www.meti.go.jp/press/20070614001/20070614001.html>
- 9 産学連携・知的財産、産総研  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/collab/index.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/collab/index.html)
- 10 高等教育支援のあり方—大学間・産学連携—  
[http://www.jbic.go.jp/japanese/research/report/review/pdf/13\\_04.pdf](http://www.jbic.go.jp/japanese/research/report/review/pdf/13_04.pdf)
- 11 エネルギーコミュニケーター制度、エネルギー環境教育センターホームページ  
<http://www.icee.gr.jp/koubo/energy-communicator.html>
- 12 原子力学会ホームページ  
<http://www.aesj.or.jp/bukai/bukai.html>
- 13 電気学会における継続教育事業の実施について、電気学会ホームページ  
<http://www.iee.or.jp/honbu/cpd/cpd001.htm>
- 14 環境技術と環境関連人材育成を考えるシンポジウム、電気学会ホームページ  
[http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/03-conference/data-31/sympo\\_050301.html](http://www2.iee.or.jp/ver2/honbu/03-conference/data-31/sympo_050301.html)
- 15 新・国家エネルギー戦略、経済産業省（2006 年 5 月）  
<http://www.meti.go.jp/press/20060531004/senryaku-houkokusho-set.pdf>
- 16 第四次評価報告書、IPCC（2007 年）  
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>
- 17 Cool Earth-エネルギー革新技术計画、経済産業省（2008 年 3 月）  
[http://www.enecho.meti.go.jp/policy/coolearth\\_energy/coolearth-hontai.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/policy/coolearth_energy/coolearth-hontai.pdf)



# 資 料 1

## Phase 1 予備的定性調査

1. 専門家座談会（2007年3月）
2. 専門家ネットワークを活用した電子会議（2007年6月）

## ■ 1. 専門家座談会（2007年3月）

＜座談会協力者＞（あいうえお順）（2007年4月時点）

Jen-Shih Chang	McMaster 大学	名誉教授
天野 稔	東京電力（株）総合研修センター	技術研修部長
岡村 潔	東京ガス（株）技術戦略チーム	チームリーダー
小原 健司	金沢工業大学 工学部電気系電気電子工学科	教授
大木 良典	三菱重工業（株）技術本部 技術企画部	主幹部員
菊池 英一	早稲田大学理工学部（石油学会会長）	教授
国吉 浩	東京工業大学（産学連携推進本部企画部門長）	教授
佐藤 正之	群馬大学 工学部生物化学工学科	教授
坂田 興	（財）エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部部長・副主席	研究員
四方 哲夫	バブコック日立（株）企画本部	副技師長
高田 達雄	武蔵工業大学	名誉教授
谷口 一徳	出光興産（株）産業エネルギー部石炭研究所	所長
竹内 哲夫	原子力学会シニアネットワーク	会長
仁田 周一	サレジオ工業高等専門学校	教授
仁田 旦三	東京大学大学院研究科工学部電気工学専攻（電気学会会長代理）	教授
西田 靖	宇都宮大学	副学長
根津 紀久雄	北関東産官学研究会	会長
長谷川 裕夫	（独）産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門	副研究部門長
藤井 光	九州大学 大学院地球資源システム工学	助教授
藤山 寛	長崎大学 大学院生産科学研究科	教授
藤田 成隆	八戸工業大学 大学院工学研究科 電気電子工学専攻	教授
藤本 元	同志社大学 工学部 機械系学科	教授
堀内 則量	武蔵工業大学工学部 原子力研究所所長	教授
松橋 隆治	東京大学大学院 新領域創成科学研究科環境システム学専攻（エネルギー・資源学会理事）	教授
美馬 のゆり	はこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科	教授
森光 信孝	トヨタ自動車(株)BR エネルギー調査企画室 シニアスタッフエンジニア	
持田 勲	九州大学 産学連携センター	特任教授
門田 淳子	東京大学産学連携本部 産学連携コーディネータ	
山地 憲治	東京大学大学院 工学系研究科電子工学専攻	教授
横山 茂	（財）電力中央研究所	首席研究官
吉田 正寛	新日本石油（株）研究開発本部 研究開発企画部	部長

# 何故エネルギー分野の 人材養成が今必要か？

九州大学 産学連携センター  
特任教授  
持田 勲

## 1. 何故エネルギー分野の人材育成が今必要か？

現場技術（操業を含めて）、研究・開発、ビジネス、管理、  
国際交渉を担当できる人材が不足する。

国内のエネルギー産業を支える人材の不足  
エネルギー産業の国際展開に支障

## 2. エネルギー？

(1) エネルギーは文明生活の基盤

ライフラインの基本

→ 国内における安定・リーズナブルコスト供給を確保

日本へ持込

国内での生産

環境負荷を低減

(2) エネルギーは産業の糧

エネルギー技術の国際優位性は産業立国に不可欠

エネルギーと環境の両立する技術、産業社会の仕組みを含めて

(3) 世界的エネルギー産業

国内への供給

国際ビジネス

→ いずれにしても国の生存・発展に直結

資源が乏しい、支えるのは人材

⇒ 社会的認知度？

## 3. 人材育成      業務orボランティア

エネルギーを目指す人材の発掘

国内

・家庭

・学校・大学・大学院

・産業職場, OJT

・社会

-----

国際

⇒ 人材育成も人材確保も国際競争

## 4. 人材の入口, 育成の場, 出口

入口: 社会や著者にエネルギーへの関心の継続的インプット

育成の場: 研究教育の継続—研究費, 育成費の支出

出口: 活躍の場の継続供給

国内

国際

入口の人材獲得も国内・国際競争

研究費の獲得も国内・国際競争に打勝つ要

出口での確保も国内・国際競争

## 5. 企業

1. 必要な人材、今後の計画、処遇は？

技術者・研究者は損している？

2. 人材をどう惹きつけ、どう採用していくか？

大学への期待

3. どう育成していくか？

スキル、経験、想像力、挑戦

4. 産学の連携をどう考えるか？

5. グローバル化と人材、国内外への目配？

## 6. 大学等教育機関

1. エネルギー・環境、あるいは両者を結びつけて？  
    学生が興味あるいは意欲を持っているか？
2. 必要な教育分野であることをどのようにアピールできるか？  
    研究, 技術開発, ビジネス  
    就職先としての魅力は？
3. 企業・官への期待？
4. 優秀な技能者はどこで育てるか？

## 7. 学会

1. 関連学会運営, 経営と人材、将来像
2. 魅力ある学会とは？  
    バランスのとれた人員(年齢, 職業, 職種)構成を  
    どう達成するか？
3. 人材育成における役割
4. 産学官連携の核になれるか？

## 8. 人材 活躍場

<u>国内の人材</u>	国内で活躍 国際的に活躍	のマインドを！
--------------	-----------------	---------

---

<u>海外の人材</u>	国内での活躍 日本のために国際的活躍 母国のために活躍 いずれも日本にとって貢献
--------------	---

## 本日の目的と概要について

文部科学省 科学技術政策研究所  
浦島邦子

### 本日の目的

- エネルギーに関わる重要な人材問題とは何か
  - 技術継承
  - 団塊世代
  - これまでとこれから
- 今後の日本のエネルギー分野が求める人材像
  - 戦略・企画
  - 研究
  - 製造



## 現状把握と問題意識

- 大学
  - 入学者
  - エネルギー業界に就職する学生の専攻は？
  - エネルギーに関係する研究をしているところは？
  - 電気、機械、化学、資源、土木、農学、原子力などの学科の状況は？
- 学会
  - 会員数
  - 学会会員の分布(年齢、性別)
- 企業
  - 産業構造の変化
  - 採用の現状(学部、院、学科)
  - 業界が求める人材像

### 第3期科学技術基本計画の要点(1)

#### 基本理念

##### ○基本姿勢

- ①社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術  
絶え間なく科学水準の向上を図る  
研究開発の成果をイノベーションを通じて、社会・国民に還元 ⇒ 知的・文化的価値の創出  
⇒ 社会的・経済的価値の創出
- ②人材育成と競争的環境の重視

##### ○科学技術の政策目標の明確化

- 3つの基本理念の下で目指すべき具体的な政策目標を設定。
- 大目標 ①飛躍知の発見・発明 ②科学技術の限界突破 ③環境と経済の両立、  
④イノベーター日本 ⑤生涯はつらつ生活 ⑥安全が誇りとなる国

##### ○政府研究開発投資

政府研究開発投資の総額規模約2.5兆円 (計画期間中の対GDP比1%、GDP名目成長率3.1%を前提)

#### 科学技術の戦略的重点化

##### ○基礎研究の推進

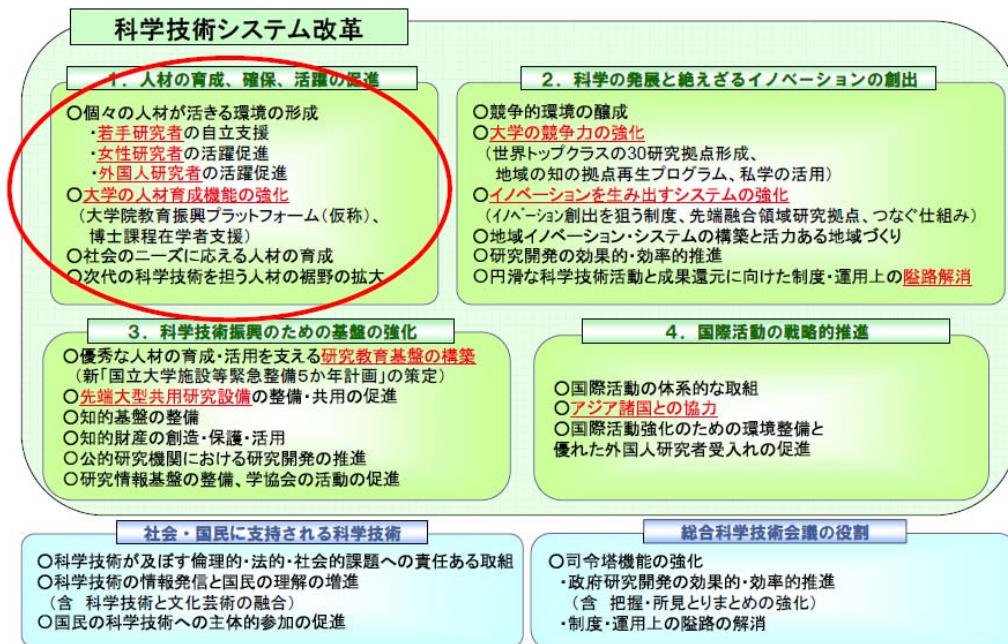
- 研究者の自由な発想に基づく研究 → 多様性の苗床の形成  
※政策課題対応型研究とは明確に区分。ビッグサイエンスは国としても判断。  
政策に基づき将来の応用を目指す基礎研究 → 非連続的なイノベーションの源泉となる知識の創出

##### ○政策課題対応型研究における重点化

- 重点推進4分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料)、推進4分野(エネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティア)
- 分野別推進戦略  
・第3期期間中に重点投資する対象として、戦略重点科学技術を選定。  
①社会・国民ニーズ(安全・安心等)②国際的な科学技術競争③国家基幹技術(スーパーコンピュータ、宇宙輸送システム等)  
・新興領域・融合領域への対応 (含 サービス分野のイノベーションに資する科学技術)

出典: CSTP ホームページより

## 第3期科学技術基本計画の要点(2)



出典: CSTP ホームページより

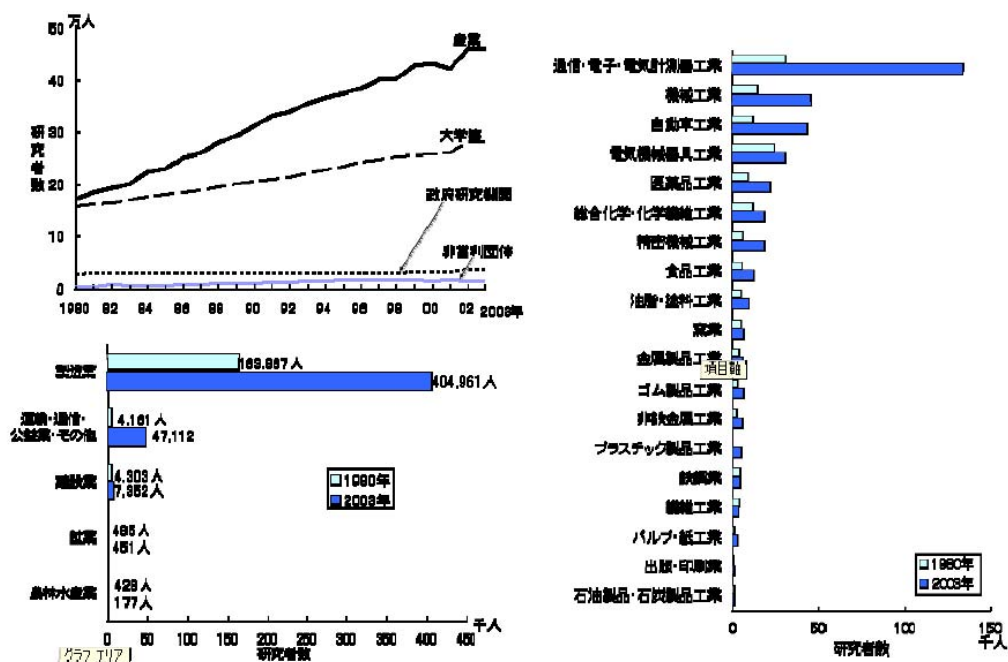
## 労働力人口 1 万人当たりの研究者数の推移



1) 労働力人口とは就業者数と完全失業者数を合計したもの。2) 自然科学及び人文社会科学を含む。3) 資料として用いている総務省「科学技術研究調査報告」における研究者とは、次の条件を満たす者 <2001 年まで> ① 大学(短期大学を除く)の課程を修了した者、又はこれと同等以上の専門的知識を有する者。② 2 年以上の研究の経歴を有する者。③ 特定の研究テーマをもって研究を行っている者。 <2002 年以降> 上記のうち②を削除。また、2001 年までは、研究者は本務者(内部で研究を主とする者)と兼務者(外部に本務を持つ者)とに区分されている。2002 年以降では、研究者数の統計のみが行われ、本務者数及び兼務者数の統計は行われていない。ここで研究者とは 2001 年までは研究者のうち本務者、2002 年以降では研究者を示す。

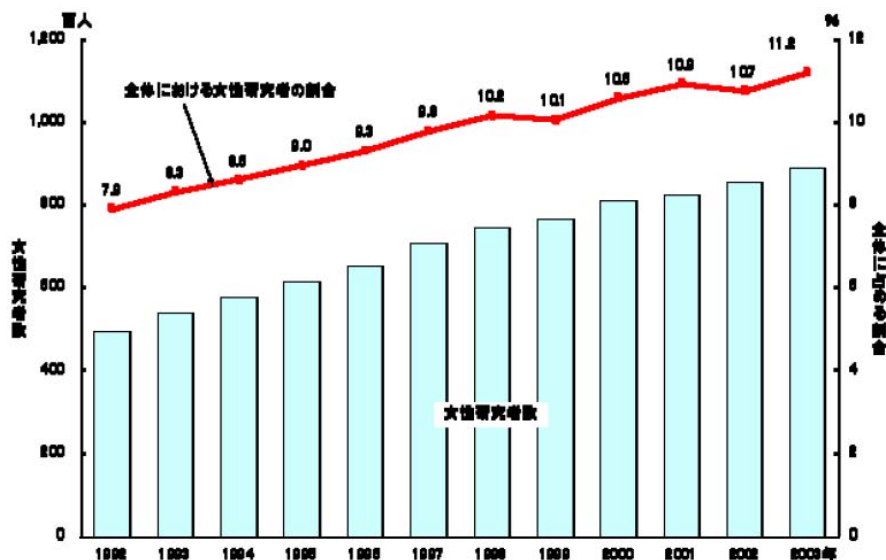
出典: 総務省統計局「科学技術研究調査報告」

## 部門・産業・業種別研究者数の推移



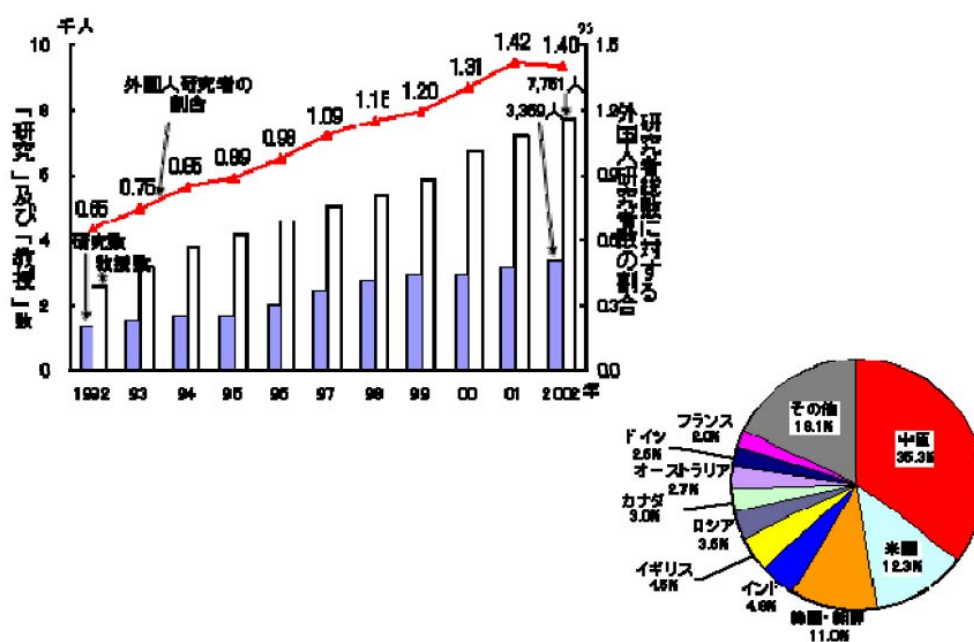
出典：総務省統計局「科学技術研究調査報告」

## 女性研究者数及び全体に占める割合の推移

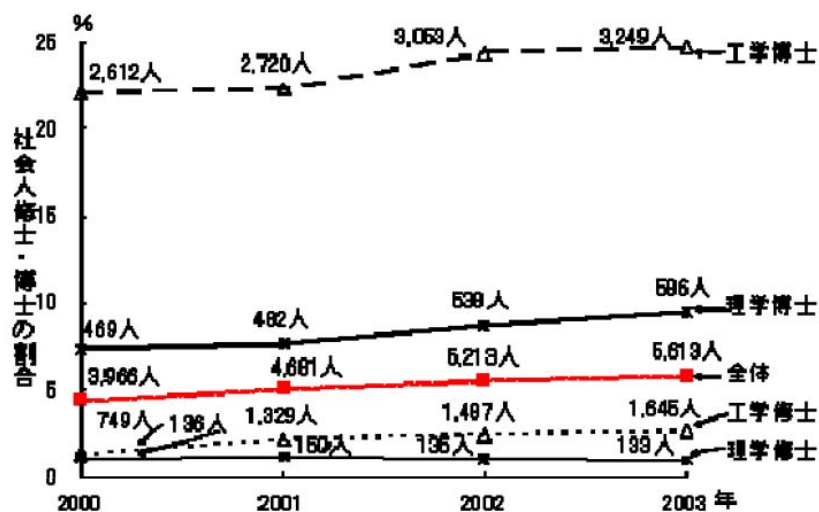


出典：NISTEP report No.73 [科学技術指標]

## 外国人研究者数の推移と総研究者数に対する比率



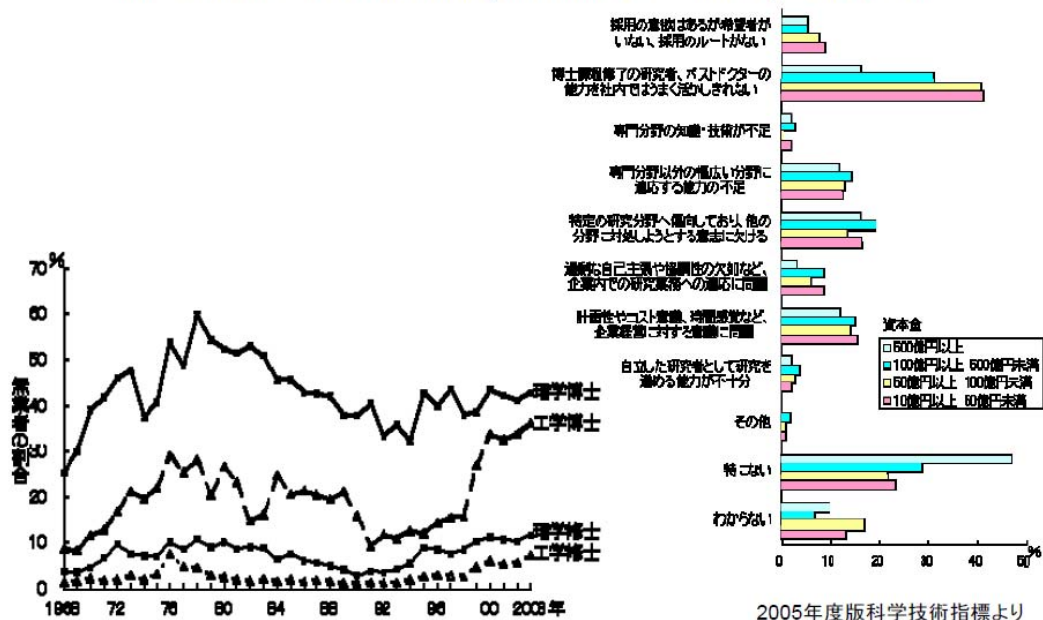
## 理工系大学院における社会人学生の数と割合の推移



出典: NISTEP report No.73 [科学技術指標]



## 理工系学位別無業者の割合の推移と企業における 博士課程修了の研究者 (ポストドクター含む) の問題点



## 学会の設立と会員数

学会名	設立	会員数	名誉会員	学生会員	賛助団体	その他
(社)自動車技術会	昭和22年	34,547	36	890	510	2
(社)日本機械学会	明治30年	33,958		4,383	818	
(社)土木学会	大正3年	31,260	729	5,071	602	
(社)電気学会	明治21年	21,744	35	3,033	471	
(社)化学工学会	昭和11年	7,852	93	1,553	119	407
(社)日本原子力学会	昭和34年	7,038	12	384	276	
(社)有機合成化学協会	昭和17年	4,637		583	239	3
(社)電力土木技術協会	昭和27年	3,777			283	
(社)石油学会	昭和33年	3,510	24	202	313	36
(社)日本材料学会	昭和27年	3,000	38	152	183	
(社)日本ガスタービン学会	昭和47年	2,050		85	125	
エネルギー・資源学会	昭和55年	1,861	3	121	167	
石油技術協会	昭和8年	1,499	53	51	86	
(社)日本エネルギー学会	大正11年	1,428	12	113	119	107
(社)火力原子力発電技術協会	昭和25年	1,332			1910	
日本太陽エネルギー学会	昭和50年	850		130	45	
日本地熱学会	昭和53年	655			87	

各学会ホームページならびに学会名鑑 2004-6年度版より動向センターにて作成

## 2005-6年度 東京の私立大学理工系志願者数の推移

大学名	学部名	2005年度	2006年度	増減(名)	志願者
					前年度比(%)
明治大学	理工	11,647	14,225	2,578	122.1
早稲田大学	理工	13,563	13,531	-32	99.8
東京理科大学	工・理工・基礎 工・理	37,468	36,964	-504	98.7
中央大学	理工	14,636	14,366	-270	98.2
芝浦工業大学	工・システム工	19,227	18,787	-440	97.7
東京電機大学	工・理工・情報 環境	12,990	12,314	-676	94.8
法政大学	工・情報科	13,103	12,298	-805	93.9
武蔵工業大学	工・環境情報	12,964	11,733	-1,231	90.5
工学院大学	工	11,337	9,502	-1,835	83.8
total		146,935	143,720	-3,215	97.72

## 2007年度の入試結果

早稲田大学 前年比 13%増 125,686 人

明治大学 前年比 20%増 101,237 人

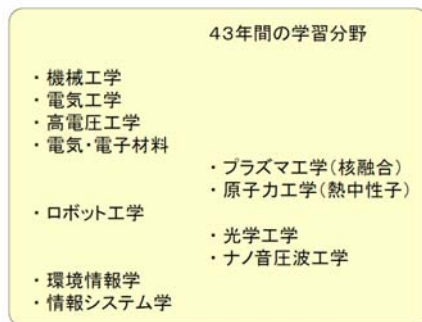
法政大学 前年比 35%増 89,569 人

今年度の特徴として、

- ◆ 国・公立大学の志願者減と、私立の難関大学は人気増、と二極化がみられた。
- ◆ さらに、“文高理低”が明白化。
- ◆ 志願者総数は、昨年度比 7.6%増。
- ◆ 文系で最も増加したのは、政治・政策系で、16.3%増。
- ◆ 理工系は、11%増加。人気の高い大学が大きな改革をしたのが要因とみられる。

さまざまなニュース、データをもとに作成

## ■座談会参加者からの発表資料



武蔵工業大学 高田達雄

### (3) 今後の重要課題 (4) エネルギー分野の人材像

武蔵工大 高田 1/4

#### <現実 1>

- ・化石エネルギー(石炭・石油・天然ガス) → 価格が高騰 → 国際紛争の種
- ・原子力 → 社会から嫌われている! → 報道関係者の育成
- ・自然エネルギー(水力・風力・太陽) → 消費量 > 供給 → 量不足

#### <現実 2>

- ・エネルギー大量消費型の日本の巨大都市  
→ 生活スタイルの変化 → 巨大都市を分散化
- ・極便利な都市生活者: エネルギーは空気のように無尽蔵!
- ・化石エネルギー資源: 有限・枯渇・国際紛争の種  
→ **本当の現実を教えることが必要**

#### <方向と提案>

- ・エネルギー課題を教える人材が超不足
- ・化石エネルギーを大切に使う工夫と学習
- ・巨大都市化をストップ → 分散型田園都市に導く



武蔵工大 高田 2/4



武蔵工大 高田 3/4

**PP.1**

## 以前と今の教科書の比較

**PP.2**

## エネルギー関連人材の卵は ヒヨコになり得るか？

### 1. 卵の質は？

### 1) 初等中等教育のカリキュラムの減少

2) 大学は以前の水準の学生を出すために  
カリキュラムの穴埋めに四苦八苦



谷下市松「工業熱力学基礎編」



岐美 格編 工業熱力学

同志社大学 工学部 藤本 元

同志社大学 工学部 藤本 元

PP.3

PP.4

- \* ページ数: 426頁→261頁  
\* 文字数・行数: 40字・31行/1頁→34字・31行/1頁  
\* 式の数: 683→278, 図の数: 238→142, 表の数: 33→12  
問題の数: 209→87

卒業單位數

- \* 旧世代: 144 (通年2単位が通常)
- \* 大綱化以前: 144 (半期2単位の傾向)
- \* 大綱化以後: 128 (半期2単位)
  - ・例えば谷下の教科書世代は通年2単位
  - ・岐阜の教科書世代はこれを2ないし3分割し、それぞれが半期2単位

薄い内容の教科書で水増し単位数を与える！

高校の教育(2006年度新入生)

- \* 数学で抜けたもの

同志社大学 工学部 藤本 元

- ・有理式の部分分数展開
- ・合成関数の微分
- ・複素平面その上の幾何(回転・伸縮・平行移動と複素数の四則演算の関係)
- ・ギリシャ文字の読み方

\* 物理

既に相当前から

- ・微分・積分等の数学的記述禁止!!
- ・式の演繹的導出を出来るだけ避け、散文的記述にせよ!!

2006年度新入生から抜けた内容

熱に関する内容の大半

2005年度入学生に対する講義内容の根本的  
変更が必要

原子と原子核

同志社大学 工学部 藤本 元

PP.5

PP.6

2. つまり、卵の質は少なくとも高水準ではない  
→ではどうすれば良いのか？

- \* 初等・中等教育のカリキュラム再構築
- \* 初等教育の理科免許取得には、物理を必須とし、他に1科目を取ることを義務化
- \* 大学の役割はエネルギー関連科目の演習付き徹底教育
- \* 大学は安易に卒業させない

同志社大学 工学部 藤本 元

日本の大学の課程博士取得者は役に立つか？

## 企業側の感触

役に立たない。視野が狭い。  
応用がきかない。

何故か：日本の大学では、修士のテーマをそのまま続け  
2本程度の論文数で博士学位取得可。  
博士課程では講義はまず取らない。

対策：博士課程でadvanceの講義を受講させる。  
欧米のように講義6~7割、学位請求論文は3  
~4割にする等、博士課程カリキュラムの再構築

同志社大学 工学部 藤本 元



## Canada の Energy工学教育の現状

McMaster University

Jen-Shih Chang

## Canada の Energy工学教育の現状

- 過去: 原子力工学又は石油工学
- 現在: 上記の延長と拡大: University of McMaster, Alberta, Ontario Inst. Tech. etc.  
— Energy工学の名前併記
- 将来: Energy System工学として考慮中
- 問題点: Energy System全体が判る人材不足
- 2007年度予算: Energy, Healthcare, Climate Change, Environment

## どんなEnergy工学人材養成すべき か？

- 環境とEnergy工学の組み合わせ
- 経済とEnergy工学の組み合わせ
- 社会、人間行動とEnergy工学
- Healthcareとは環境技術を通して関連
- Clean or Green Energy技術(存在しない)と Cleaner or Greener Energy技術の違いが判る  
広い視野
- Energy System技術として物を見る
- 工学であることを忘れない—Software and hardwareがある見地



## 我国のエネルギー・環境関連技術者育成に向けて

平成19年 3月26日

大木

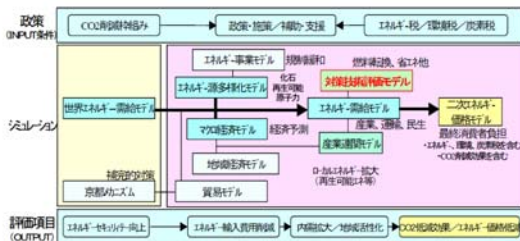
## 3Eを同時解決していく素養と力量が重要

時代と共に変化していく経済、エネルギーそして環境の三つの課題を同時解決していく素養と力量、すなわち我国独自の「環境・エネルギー教育/技術伝承の文化」を形成し蓄積していく必要がある。

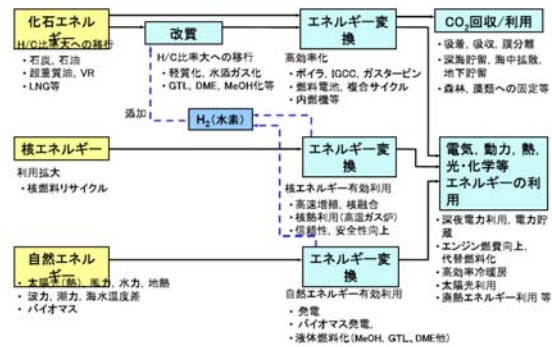


## 3E同時解決に向けた我国独自の戦略が重要

エネルギー・地球温暖化・公害・経済を連関させた総合シミュレーションにより政策誘導（規制・税制・税の活用・補助等）をする必要がある。  
温暖化防止条約に対し、中長期的な予測シミュレーションを実施し、国として各評価項目が最適になりうる適切な投資配分を評価することが重要。

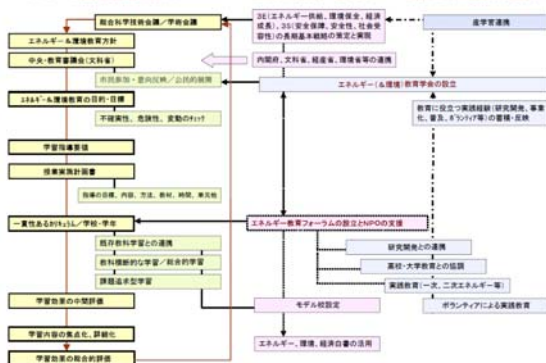


## エネルギー・地球環境問題は表裏一体



## エネルギー・環境初中等教育強化のためのシナリオ素案

エネルギー・環境教育強化のためのPDCA 各電力が実施すべき事項 大学・企業の役割・位置付け



## エネルギーに係わる業態と人材

パブコック日立株式会社

企画本部 副技師長 四方 哲夫

### エネルギーに係わる業態と人材

#### エネルギー関連の業態

- ・ エネルギー政策(国・地方行政、環境推進団体、コンサル等)
- ・ エネルギー研究開発(大学、研究機関、学会等)
- ・ エネルギー資源開発・供給(商社、鉱山関係会社等)
- ・ エネルギー輸送・貯蔵(物流、備蓄等)
- ・ エネルギー精製・改質(石油会社、ガス会社等)
- ・ エネルギー利用機械設備(重電、家電等)
- ・ エネルギー利用輸送機関(自動車、鉄道、航空機等)
- ・ エネルギー変換供給(電力、ガス等)
- ・ エネルギー金融投資(銀行、証券、商品取引、排出権取引等)
- ・ エネルギー生活関連インフラ(土木建築、住宅等)
- ・ エネルギー……

エネルギー関連の人材育成とは？

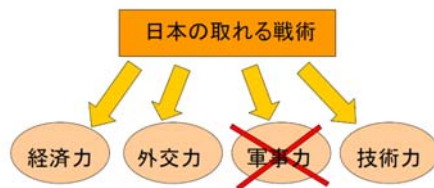
エネルギー政策に影響を与える全ての業態の人材

BHK Babcock Hitachi KK

1

### エネルギー関連分野で取り組むべき重大課題

- ・ 安全・高効率利用(LCA含めて)
- ・ 安定確保と安定供給
- ・ 良好な地球環境の持続



BHK Babcock Hitachi KK

2

### 戦略企画、研究、製造部門において求められる人材 (重電企業エネルギー利用技術/石炭関連)

#### 戦略企画部門

- ・ 科学技術に偏ることなく、法学、経済学も理解できる人
- ・ 多様な立場から物事を見れる人(相互Win-Win)
- ・ 論理的思考力・コミュニケーション力のある人

#### 研究開発部門

- ・ 基礎科学を習熟した人
- ・ 技術の普及を考える人
- ・ 経済感覚を持った人
- ・ 国際共同研究・作業でリーダーシップが取れる人

#### 設計製造部門

- ・ 論理的思考力・交渉力のある人
- ・ 地域別異文化コミュニケーション力、スキルを有する人
- ・ 海外現地でリーダーシップが取れる人

BHK Babcock Hitachi KK

3



## セルロースエタノール研究の 人材育成について

トヨタ自動車(株)  
BRエネルギー調査・企画室  
森光 信孝

## 求められる人材

1. プロセスを一貫して扱える人材
2. ビジネスの可能性を企画できる研究者
3. 社会への説明責任と社会の受容性向上

### 1. プロセスを一貫して扱える人材

- 研究者は専門分野にこもりがちである。国の研究プロジェクトとして、研究者たちの視野を広げる働き場所、研究連携の場を作っていただきたい。
- 国家プロジェクトの推進形態として、
  1. 民間の研究者を大学へ派遣して研究。
  2. 民間が大学の研究者を一定期間受入れて、プロセスを扱う企業を拠点に国家プロジェクトを推進する。

### 2. ビジネスの可能性を企画できる研究者

- いわゆるバイオ研究者はおおぜい居られるが、社会の要請を直接受け止めて、ビジネスの可能性を考えて自分の研究を企画できる研究者は極めて少ない。
- 国や大学として、社会の要請やビジネスの可能性を示し、研究者や学生の興味を喚起する必要がある。

### 3. 社会への説明責任と社会の受容性向上

- 遺伝子操作など社会に不安を与える技術に関して、上手に社会に説明できる人材が少ない。
- 技術リスクをフェアに評価して社会に伝えるのはマスコミの仕事であるが、研究者からマスコミへの理解活動の不足が今のマスコミの対応姿勢となっており、過度の「遺伝子組換えアレルギー」の一因になっていると思われる。
- 社会の受容性を向上させることはこれからの新技術では必須であり、研究者育成と併行して、社会への説明責任を果たすための訓練を受けた研究マネージャーを育成することが重要である。

## 研究者の育成について

4. 将来の研究者の育成
5. 研究者の評価システム
6. 国連の上級研究者の育成

#### 4. 将来の研究者の育成

- 義務教育カリキュラムにバイオ燃料を取り込み、将来のために必要な学問であり、有望なビジネスであることを認識させる。
- 大学では、異なる領域の学問を学ぶことの必要性をもっと学生に教えていただきたい。たとえば、経済、農業、機械工学、化学(工学)を同時に学べるシステムが導入されることが望ましい。

#### 5. 研究者の評価システム

- 大学の先生を評価したり、研究費の分配を決めるのは、大学の先生自身なので、このあたりの仕組みを変える必要があるかもしれない。研究テーマの審査や成果の評価を一部民間に委ねることも有効であると思われる。
- 大学はサイエンスを深めることが第一義だと考えるが、もっと広い視野を持ち、必要なテクノロジーとの整合性を研究者自身が自問すべきだと考える。

#### 6. 国連の上級研究者の育成

[原子力の分野の例]

- 日本はIAEA(国際原子力機関)の大口出資者(20%)であるが、IAEA職員は1~2%で、低い職位や派遣職員が多い。  
⇒政策策定に関われない。
- 上級研究者には実務経験と学位が必要。
  - 東京大学は修士を募り、原子力機構等での実務経験、IAEAで下級研究者として勤務経験
  - 原子力機構に戻り学位取得
  - IAEAで高級研究者として勤務。
  - 原子力機構に戻り客員教授として後進を指導。
- バイオの世界は？

## NPO法人によるシニア研究者・技術者の活用事例

北関東産官学研究会 根津紀久雄

本研究会は産学官の連携促進を図る機関として、シニア人材を社会的に活用する事業も行っている。エネルギー人材に限定していないが、その事業を項目毎に下記に概説する。

### 1. 登録顧問制度

- \* 事務局で受け付けた相談案件の処理
- \* 約120名の現職・退職教員、建築士、弁理士、税理士、弁護士等
- \* 相談担当の登録顧問には謝金支払い
- \* 相談に来た企業の負担はなし

### 2. アドバイスコナー事業

- \* 毎週水曜日午後1時に開設して技術相談等に対応
- \* 5名の大学退職教員にアドバイザー（エネルギー系2名、材料系3名）を依頼
- \* アドバイザーには謝金支払い
- \* 相談に来た企業の負担はなし

### 3. コーディネーター等派遣事業

- \* 企業に出向いて課題の発掘と解決の相談に対応
- \* 産学官連携コーディネーター：企業退職者2名
- \* 技術移転コーディネーター：企業退職者1名
- \* クラスターマネージャ：企業退職者1名、大学退職者1名
- \* クラスターコーディネーター：企業退職者2名
- \* コーディネーターには謝金支払い、企業負担はなし

### 4. シニア研究者・技術者活用のための紹介事業

- \* 退職研究者・技術者の再活用支援
- \* 群馬大学工業会（工学部同窓会）と連携・協力協定
- \* 求人・求職情報収集
- \* 両者のマッチング
- 4-1. 本研究会担当分
  - \* 本研究会会員企業等に求人を呼びかけ、受付け
  - \* 工業会会員在職企業からの求人を受付け
  - \* 職種に応じて登録
  - \* 求職希望工業会会員の登録
  - \* 本研究会会員企業等に退職予定社員の登録依頼
  - \* 求人、求職側に情報提供
  - \* 求人と求職のマッチング
  - \* 求人側と求職側の面談
  - \* 契約
- 4-2. 工業会担当分
  - \* 工業会会員の求職者に登録を依頼
  - \* 工業会会員在職企業に求人情報を依頼

4

### 5. 今後の展望

- \* 地域中小企業への活用（知識・技術・技能の伝承と移転、若手の育成、等々）
- \* 教育への活用（小中高校生への理科教育、大学生への実技・技術経営教育、等々）
- \* 研究への活用（若手研究者の研究指導、プロジェクト研究リーダー、等々）

## エネルギー関連人材に関して

平成19年3月26日  
産業技術総合研究所  
エネルギー技術研究部門  
長谷川裕夫

エネルギー技術研究部門

### 産総研におけるエネルギー関係の人材の状況

- ・エネルギー分野の研究者数は減少傾向  
団塊世代(オイルショック、サンシャイン/ムーンライト)の退職にあわせて他分野の採用
- ・平均年齢は上昇中(全分野共通)  
試験採用からポストドクを対象とした選考採用へ。  
ここ5年間研究者の平均年齢は毎年上昇 → 平均賃金の上昇、将来的には定員削減へ
- ・工学部の男女構成平均値程度?  
男女共同参画室を設置、男女共同参画宣言(2006年2月)  
エネルギーは分野の中では女性研究者は少ない  
任期付採用

エネルギー技術研究部門

### エネルギー関連の人材に関する問題点

- ・エネルギー研究に携わる研究者の専門分野は多様化  
材料、ナノテク、製造、ライフサイエンス、標準、地質、石炭、電特を原資としたプロジェクト、出口はエネルギーでも...
- ・政策提言機能の強化が必要  
エネルギー需給の見通し、研究開発ロードマップ  
エネルギー技術開発の戦略
- ・社会科学的アプローチの強化が必要  
新しい技術に対する社会的受容性の形成  
技術の普及、導入推進

### エネルギー分野の重大課題

- ・省エネルギー(技術開発+社会システムの変革)
- ・再生可能エネルギー、分散型エネルギーシステム

エネルギー技術研究部門

### エネルギー分野に求められる人材

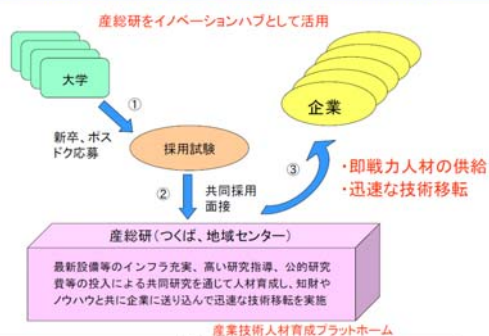
- ・エネルギー流れ、資源、環境、人類の活動、全体の理解  
熱力学第一・第二法則、経済学
- ・定量的な判断

### 企業、公的機関の果たすべき役割

- ・ポストドク1万人計画の遂行
- ・大学、公的研究機関の間の流動化では、ポストの絶対数不足  
ポストの送り、高齢化  
理系進学を魅力のないものに
- ・全体のバランスを考えればポストドク→企業への流れが不可欠  
産業技術人材育成  
企業から期待されるスキルを身につける

エネルギー技術研究部門

### 大学新卒、ポストドク等を即戦力人材に育成し、企業に供給



エネルギー技術研究部門

### 産業技術人材育成プログラムの特長

1. 優秀な産業技術人材の供給
2. 迅速な技術移転による新事業展開
3. 産業競争力の強化、新事業創出を加速
4. イノベーションハブとして公的機関の責務
5. 技術開発による安全、安心を通じての社会的貢献

#### 企業側にとって、

1. 産総研という実践的な場で人材育成でき、優秀な人を採用できる
2. 本採用前に研究能力等を再チェックする機会がある
3. ポストドク採用を通じて知財やノウハウの技術移転を効果的に実践できる

#### ポストドク本人にとって、

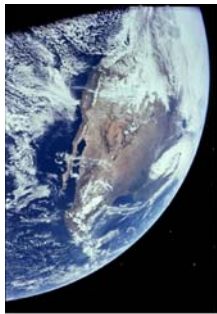
1. ポストドク終了後の就職が約束されるから、研究開発に専念できる
2. ポストドク期間がキャリアや認定されるので採用時の雇用条件に有利である

#### 産総研にとって、

1. 優秀な人材が集まり、研究開発を加速できる
2. ポストドク終了後の就職斡旋について悩む心配がない

エネルギー技術研究部門





文部科学省 科学技術政策研究所  
科学技術動向研究センター

## エネルギー関連人材に 関する座談会

2007年3月26日（月）

（財）エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部  
坂田 興

[sakata@iae.or.jp](mailto:sakata@iae.or.jp)  
<http://www.iae.or.jp>

LAE The Institute of Applied Energy 科学技術政策研究所「エネルギー関連人材に関する座談会」2007/3/26

### 本日の話題

1. エネルギー関連人材を取り囲む状況の特徴
  - カバーする領域の広さと深さ
  - カバーする時間の長さと不確実性の大きさ
2. エネルギー関連人材の実態、課題、対応
  - 原子力分野の例
  - 水素分野の例
3. 望まれる人材像
4. 国への要望点

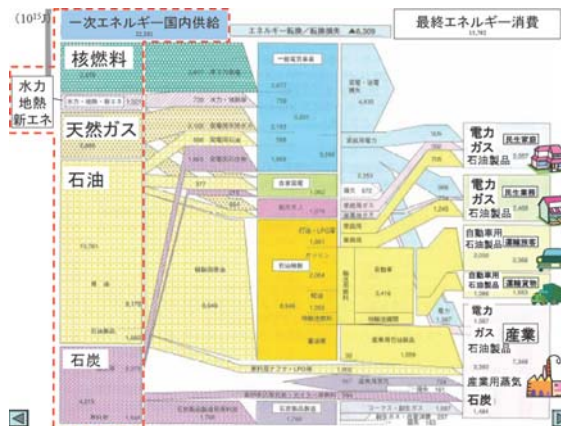
LAE The Institute of Applied Energy 科学技術政策研究所「エネルギー関連人材に関する座談会」2007/3/26

### 1. エネルギー関連人材を取り囲む状況の特徴 (1) エネルギー関連分野の広さと深さ

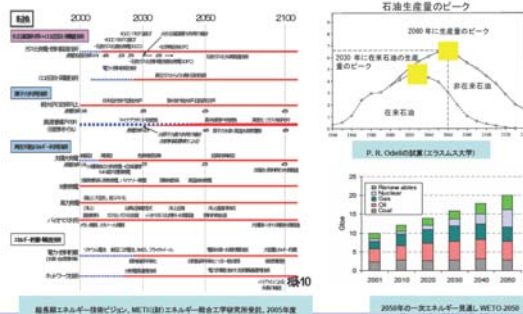
1. 人類とエネルギー
2. 社会のエネルギー消費
3. エネルギー消費構造と省エネルギー
4. エネルギー供給の基本要件
5. エネルギー変換と熱力学
6. エネルギー資源・資源分類と化石燃料
7. 化石燃料の特性と転換技術
8. 原子力発電技術
9. 核燃料サイクルと放射線
10. 再生可能エネルギーと発電技術
11. エネルギー輸送と貯蔵
12. 新エネルギーと分散型技術
13. エネルギーシステムの総合的分析
14. 地球環境問題と温暖化対策
15. エネルギーと持続可能な発展

放送大学教材  
エネルギー工学と社会  
・内山洋司 放送大学教育振興会（日本放送出版協会）2006/02出版

LAE The Institute of Applied Energy 科学技術政策研究所「エネルギー関連人材に関する座談会」2007/3/26



### 1. エネルギー関連人材を取り囲む状況の特徴 (2) 対象とする時間の長さと不確実性の大きさ

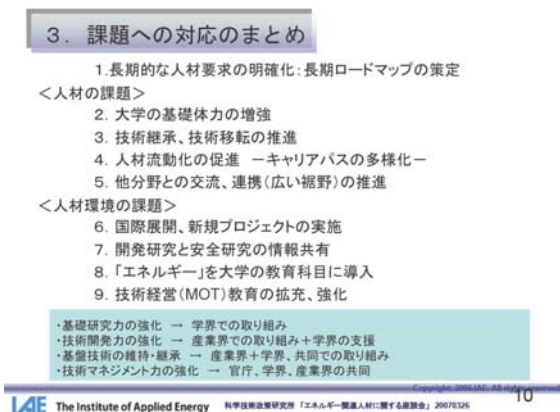
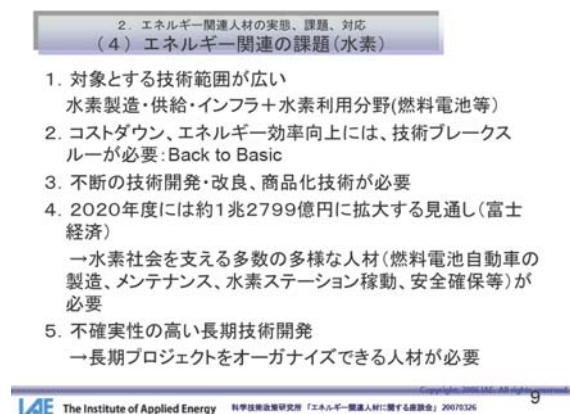
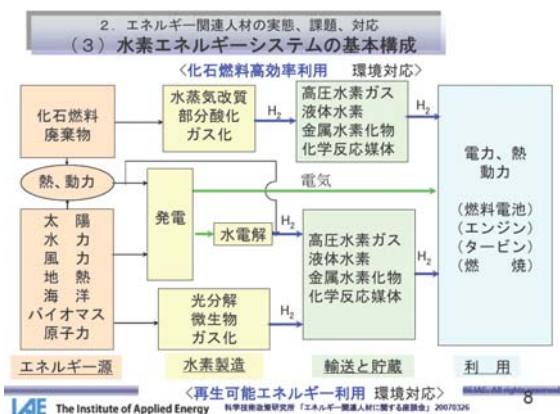
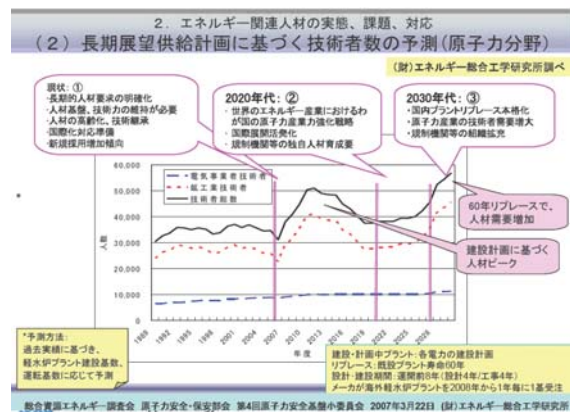
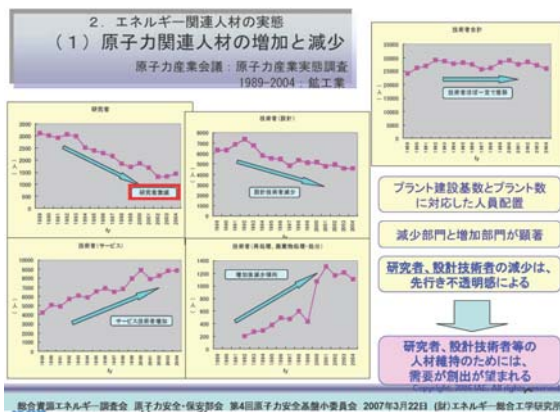


LAE The Institute of Applied Energy 科学技術政策研究所「エネルギー関連人材に関する座談会」2007/3/26

### 本日の話題

1. エネルギー関連人材を取り囲む状況の特徴
  - カバーする領域の広さと深さ
  - カバーする時間の長さと不確実性の大きさ
2. エネルギー関連人材の実態、課題、対応
  - 原子力分野の例
  - 水素分野の例
3. 課題への対応のまとめ

LAE The Institute of Applied Energy 科学技術政策研究所「エネルギー関連人材に関する座談会」2007/3/26



## エネルギー関連人材に関する 問題意識

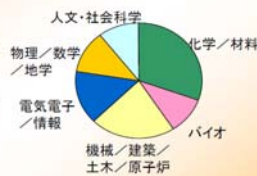
東京工業大学  
国吉 浩

## 個人的バックグラウンド

- ・ 現在： 東京工業大学 教授（研究戦略、産学連携等）
- ・ 職歴： 産業政策、エネルギー政策、原子力政策 等
- ・ 学歴： 電気工学、国際関係論、エネルギー科学
- ・ 学会： 日本エネルギー学会「エネルギー学」部会 等

## 東工大のエネルギー関連人材

- ・ 東工大の教員約1200名
  - ・ その専門の広がりはおおむね右のとおりだが、エネルギー関連の専門の特定は困難。
  - ・ イノベーション研究推進体のテーマなどを眺めると、5分の1程度は、エネルギー関係という印象。
- ◇ エネルギーに関連する専門分野の多様性、広がり、関連人材を考える際の示唆を与えているのではない。



## 求められるエネルギー関連人材とは？

- ・ 役割： 研究者、技術者、教育者、政策・制度企画 等
  - ・ 学問分野： 理学、工学、経済学、政治学、社会学 等
  - ・ 活動分野： 資源、転換、輸送、需要、CO<sub>2</sub>回収・貯蔵 等
  - ・ 種類： 石油、ガス、原子力、太陽光、バイオ、電力 等
- ◇ これらはシステムとして互いに複雑に関連し合っており、他への理解が必要。さらには国際政治、社会との関わりに対する理解も必要。

## エネルギー関連人材に求められるもの

- ◇ 技術に共通の課題：  
理科離れへの対応、技術者倫理、リスクなど技術の負の側面に対する認識・理解
- ◇ エネルギーの特徴：  
システム性・複雑性を有するエネルギー分野で活動することから、専門性と同時に広い視野とバランスが必要。政策・制度に対する理解も重要。
- ➡ - ダブル(セカンド)ディグリー/マイジャー  
- エネルギー学

## 補1. 原子力の視点

- ・ 技術者 技術の継承、安全性確保 等
- ・ 研究者 核燃料サイクル、次世代炉 等
- ・ 教育者 正確で中立的な教育 等



- 原子力を学ぶ魅力(印象、学問として、職業として)
- 安全性とコンプライアンス・技術者倫理
- 社会及びメディアとの関係(働く喜び、誇り)
- 平和利用(不拡散)への理解

## 補2. エネルギー政策の視点

- ・ 政策は、社会的問題解決の方針とそれに沿った具体的手段。利用可能な知識と方法論を総動員すべき。
- ・ 政策決定に必要な科学技術的あるいは社会科学的情報の総合利用と、それに基づく適切なプロセスの実現が必要。



- エネルギーに関連した広い視野が重要(専門家)。
- 政策決定者であるべき一般の人たちも一定レベルの理解力を持つことが重要(エネルギー教育)。



## エネルギー関連の人材育成と エネルギー研究の将来の課題

ー エネルギー関連人材に関する座談会 ー

宇都宮大学 理事 西田 靖

文科省科学技術政策研究所、  
科学技術動向研究センター主催

於：東京コンファレンスセンター・品川  
March 26, 2007

## I. エネルギー関連の人材育成

### 1. 現在の問題点

#### 1-1. 現業現場に於ける問題点

- ・ 現業現場にいる人材は、エネルギー関連で働いているとの自覚がどの程度あるか？
- ・ 基本的には“制御盤”とのニラメッコになっていないか？
- ・ 発電機等々エネルギー発生機器は、工場で製作されるが、その方々は、エネルギー機器を製作しているとの自覚がどの程度あるのだろうか。CADとのニラメッコではないか？

#### 1-2. 社会に於ける認知の問題点

- ・ 人材の重要性と人材確保(人数)に関する認知が薄い。
- ・ 3Kの意識があるのではないかな？
- ・ IT関連が一見華やかであり、エネルギー関連は基幹あるいは基盤分野であるにも拘らずその重要性が知られていない。自覚されていない。
- ・ 電力に限ると、原子力発電に代表されるように、本来エネルギー発生期としては最もクリーンで安全な方式であるに係らず、一番嫌われている。
- ・ 灰処理の課題は大きい。
- ・ エネルギーの重要性を説いても人は集まらない。育たない。これは理科離れと同一現象。

#### 1-3. 大学における意識

- ・ エネルギー関連人材の重要性に関する啓蒙が足り無すぎるのではないかな。
- ・ 狭義のエネルギー技術に留まらず、時代の空気が感じ取れる教育がなされているか。
- ・ 工学系の授業科目数が多すぎないか
- ・ 実験・実習が少なすぎないか
- ・ 大学教員始め、教育機関の教員自身がエネルギーなどの基盤技術を知らな過ぎる。余りにも日常的になっており、インフラとして完成しているかに感じている。
- ・ エネルギー関連分野は複合領域であることを、従って種々の分野を勉学、経験することの重要性を知らしめる、啓蒙が足りない。

## 2 課題解決の方策(提案)

- 全ての工学系学科で、エネルギー関連授業を取り入れ、啓蒙する。
- このことは、電気、化学、機械系はもとより、IT関連はもっと力を入れて教育に当たる。そのためには教員の兼任や移籍を義務付ける程度の方策を導入する。
- 小中学校に、エネルギーの重要性を啓蒙する授業を興す。その際“お受験生”の学校であつても必修とするくらいのことを考える。
- 上記は一見強硬すぎるようであろうが、環境問題とエネルギー問題を組み合わせることにより、可能であろう。
- 重要なことは、エネルギー問題に対する認識は、食後の“歯磨き”同じと考えさせることであろう。
- 興味のある経験者、他分野の技術者の再教育とリタイヤー人材の活用。
- 後継者不足は何れの方でも同じであり、エネルギーに限らない。
- ITに依る気軽な、金儲けのみが囃される、従って汗水たらすことのパラシタのみが強調され社会現象を嘆いてばかりいられない。
- エネルギー枯渇の辛さを実感させることは出来ないか(社会実験の実施)

## II. エネルギー研究の将来の課題

- 環境負荷の軽いエネルギー源は存在するか。
- 宇宙の、従って、地上のエネルギー源は原子力エネルギーと重力エネルギーのみである。(ダークマターは人類がその実在を理解していない)
- 核融合を除いて、エネルギー源あるいは電力源でクリーンエネルギーは存在するか
- ウランを中心とする原子力発電は最もクリーンであるが、廃棄物は(放射性残渣)はクリーンとは言えない。しかし、実用化されたエネルギー源の中では最もクリーンであり、発生エネルギー量も莫大である。
- その他のエネルギー源はエネルギーの保存則を忘れて論ずる限りクリーンであるが、基本である保存則を考慮すると化石燃料より良いのか。

- 太陽光発電はクリーンであるが、エネルギー的にペイできるのは数十年は掛かるであろう。
- 化石燃料は太陽エネルギーの蓄積であるから、これを瞬時に使用する限り莫大であるが、環境負荷が大きすぎ、地球は処理できない。
- 燃料電池はH<sub>2</sub>源としてエタノール〈太陽エネルギー〉や化石燃料等のCHからH<sub>2</sub>を取り出すのであるが、その結合エネルギーはOH結合より小さくなければならない。



■2005年まで  
景気低迷により採用数が抑えられ、エネルギー業界への就職は困難であった。現在でもエネルギー業界への就職を志望しながら、他業種に就いている人数は多いと考えられる。

■2006年～現在  
景気回復と団塊世代の退職による求人数の急増により、売り手市場となる。ただし、エネルギー業界以外の求人も急増したため、エネルギー業界への就職数の顕著な増加は見られていない。

「燃える氷」メタンハイドレート

地中熱利用ヒートポンプシステム

- [illegible]

- 

- 77

## 教育機関の果たすべき役割

- 社会人としての常識と自覚を持つ学生を育てる。
- 講義・研究指導・海外の現場などを通じてエネルギー産業の持つ社会的意義と魅力を伝える。
- 独立した研究者として活躍するための高い研究能力・語学力を学生に養う。
- 博士号取得の意欲を与えるために、高レベルかつ社会貢献度の高い研究を実施する。



地球深部探査船「ちきゅう」の見学（高知県宿毛市）

## 企業・公的部門に果たしていただきたい役割

- 景気に左右されない安定した採用を続ける。
- 博士号取得者・女性を積極的に採用する。
- 奨学金制度を充実させる（特に博士課程学生）。
- インターンシップ制度を充実させ、実社会の経験を学生に与える。



石油掘削リグの見学（クウェート国ブルガン油田）



平成19年3月26日資料

## エネルギー人材に関する座談会

(武蔵工業大学原子力研究所からの視点)

### 武蔵工業大学原子力研究所

堀内 則量

## 武蔵工業大学におけるエネルギー教育

### 工学部

機械工学科  
機械システム工学科  
電気電子工学科  
電子通信工学科  
コンピュータメディア工学科  
建築学科  
都市基盤工学科  
システム情報工学科  
環境エネルギー工学科  
原子力研究所  
水素エネルギー研究センター

### 大学院

機械工学専攻  
機械システム工学専攻  
電気工学専攻  
建築学専攻  
都市基盤工学専攻  
システム情報工学専攻  
エネルギー量子工学専攻

総合研究所

環境情報学部

**原子力研究所** 昭和35年(1960) 原子力研究所を設立  
昭和38年(1963)～平成元年(1989)まで原子炉運転  
炉物理的教育研究、運転実習、医療照射  
昭和51年(1976)度より、全国の教育研究者に門戸を開放  
昭和56年(1981)大学院(原子力工学専攻)を設置  
平成12年(2000)エネルギー量子工学専攻に名称変更  
太陽電池(光触媒)、燃料電池、水素エネルギー(自動車)、  
原子力・放射線を統合  
平成18年(2006)燃料返還(原子炉施設としての機能は喪失)

### 水素エネルギー研究センター

平成4年(1992)水素エネルギー研究センターを設立  
水素自動車の開発  
平成19年(2007)4月工学部から総合研究所に移動



## 武蔵工大におけるエネルギー関連学科の学生・院生・教員

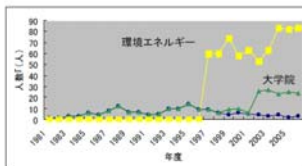
(2006年)

学科・大学院	学生数	院生数	教員	備考
機械工学	23	7	3	ディーゼルエンジン
機械システム工学	21	5	3	エンジン・熱流体
電気電子工学	32	23	4	高電圧・高電流、放電利用
環境エネルギー工学	30	-	13	太陽電池、光触媒、太陽電池
原子力研究所	4	-	3	新型原子炉、ガンマ電池、核融合
水素エネルギーセンター	6	-	4	水素エンジン(水素自動車)
エネルギー量子工学専攻	-	46	-	(学部と同じ)
合 計	116	81	30	

### 学生・院生・教員の全学比率

学生 14.2 %  
院生 18.7 %  
教員 22.1 %

## エネルギー量子工学専攻・環境エネルギー工学学生数

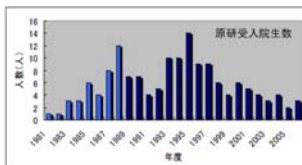


昭和56年(1981)  
大学院(修士課程)原子力工学専攻設置  
平成 9年(1997)  
工学部にエネルギー基礎(H15環境エネ  
ギ-)工学科を設置

平成12年  
原子力工学専攻に材料系学科目増設

平成14年(2002)  
エネルギー量子工学専攻に名称変更

平成15年(2003)博士課程を新設



## これからのエネルギーを考える

(アンケート調査資料)

### 本学大学生から見た「原子力の必要性和安全性」

問1 原子力発電の必要性*	問3 今後の原子力発電について*
必要	積極的に推進
どちらかと言えば必要	慎重に推進
どちらとも言えない	現状維持
どちらかと言えば不要	現在より減らす
不要である	全ての原発を止める
問2 原子力発電の安全性*	問4 今後期待するエネルギー
かなり安全である	太陽
まあまあ安全である	風力
どちらとも言えない	原子力
あまり安全ではない	水力
全く安全でない	地熱・潮汐
	火力
	その他(燃料電池、廃熱等)

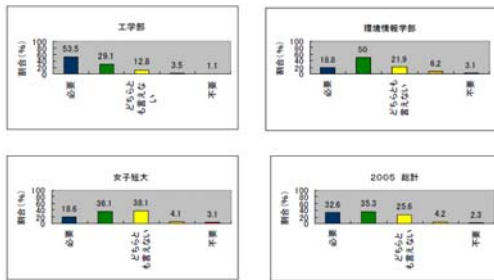
\* 社会経済生産性本部「エネルギーに関する世論調査」より、調査項目を引用

調査対象 (2000-2006)

工学部(理系) 環境情報学部(文系) 女子短大(文系)

## 原子力発電の必要性について

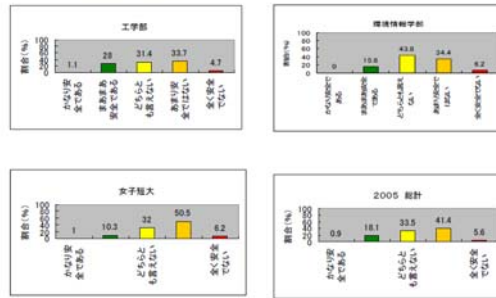
(2005年)



27.8 37.1 15.3 9.9 4.1 % (1998.11) 世論調査\*

## 原子力の安全性について

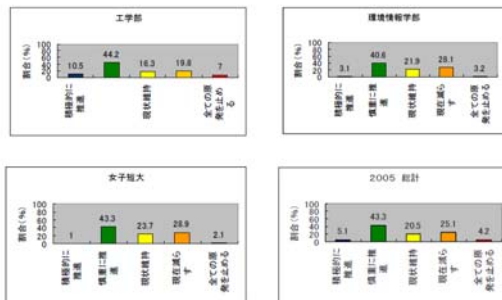
(2005年)



8.7 26.2 18.2 35.5 5.5 % (1998.11) 世論調査\*

## 今後の原子力発電について

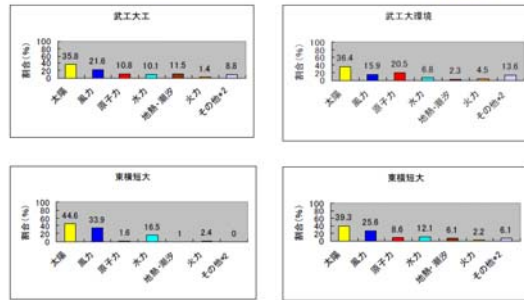
(2005年)



7.2 49.8 15.7 16.4 4.4 % (1998.11) 世論調査\*

## 今後期待のエネルギー

(2005年)



母数：工学部(建築、環境エネ) 86 環境情報学部 32 女子短大 97 総計 215人

## 調査結果のまとめ(2000-2005)

### 原子力発電の必要性

- (1) 原子力発電を必要とする人は、僅かながら年々減少
- (2) 70%近くの人々は、原子力の必要性は容認
- (3) 理系の人は、原子力発電を容認

### 原子力発電の安全性

- (1) 原子力発電を安全と考えている人は、年々減少
- (2) 安全と考えている人は数%で、あまり安全と考えていない人は、40-50%
- (3) 原子力を志している人は、比較的安全であると考えている。

### 今後の原子力発電について

- (1) 原子力発電の推進を容認している人は、60%以上から50%以下に減少
- (2) 逆に、原子力発電を止めるべきと考える人は、20%から30%に増加

### 期待するエネルギー

- (1) 自然エネルギー(太陽光・太陽熱・風力発電)への期待が大
- (2) この期待は、理系のより、文系のの方が大
- (2) 風力発電に対する期待は、年々増加

## エネルギー政策への要望

- (1) チェルノブイリ原発の事故(1986年)以来、原子力に対する期待が低下し、原発抑止、原発廃止の方向。しかし、酸性雨、地球温暖化、石油の枯渇、原油価格の高騰。結局、原子力発電の見直しをせざるを得ないのが、今日の世界的傾向。
- (2) 原子力発電の受容には、国民の安心・安心が必要。  
(大地震・津波など、自然の脅威に対する設計基準、安全規制の見直し)
- (3) 大学、企業における研究用原子炉の維持は経済的に困難。(資金、環境)
- (4) 施設・設備の老朽化、専門技術者の高齢化に対する後継者の要請と新技術の開発。
- (5) 人材の育成に対する産、官、学の協力が必要。(運営資金の補助、教育研究の施設や機会の提供、学生の奨学金の支援や就職先の拡大)
- (6) 太陽光、太陽熱、風力発電で、どこまで電力が賄えるか。  
(発電効率の向上化、新材料の開発、研究が必要)
- (7) エネルギー、環境の問題は、倫理と同じく、低学年からの教育が必要。  
(節電、再利用の精神)
- (8) みんなで問題意識を共有することが大切。(学校の教育、広報活動の必要性)

エネルギー関連人材に関する座談会 2007.03.26

'I would like a job that involved using science.'  
(IEA/TIMSS2003, Grade 8, Selected Countries)

A scatter plot with 'Percentage of students responded 'Agree a lot' or 'Agree a little'' on the x-axis (0 to 80) and 'TIMSS 2003 Science Score' on the y-axis (450 to 600). Data points are labeled with country names. Korea and Japan are circled in red. Singapore is the highest-scoring country, while Italy is the lowest-scoring country shown.

Country	Percentage of students responded 'Agree a lot' or 'Agree a little'	TIMSS 2003 Science Score
Singapore	60	585
Chinese Taipei	30	570
Korea	15	560
Japan	22	555
HongKong	45	555
England	48	545
Australia	40	530
NewZealand	38	525
United States	50	530
Scotland	55	515
Malaysia	70	510
Norway	18	495
Italy	42	490

第1-3図 主な職種に関する日本賃金比較

職種	日本 (円)	英国 (ポンド)	フランス (ユーロ)	ドイツ (マルク)	米国 (ドル)
自由学芸研究文化	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
教師	2.5	1.8	1.5	1.5	1.5
その他の公務員職業従事者	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
医師	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
建築技師・建築士、その他建設関係者	2.5	1.8	1.5	1.5	1.5
プログラマー	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
オペレーター・キーパンチャー	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
統計学関係士	2.5	1.8	1.5	1.5	1.5
その他の金融機関従事者	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
生産工・機械工	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
付与サービス	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0
販売員・小売業	1.8	1.2	1.0	1.0	1.0

資料：日本は厚生労働省「賃金センサス調査」（平成13年度）、米国はBureau of the Census「Current Population Survey 2000」。もともとは英米両国において下調べ。

▶ 理系が文系を20万～40万円  
上回る

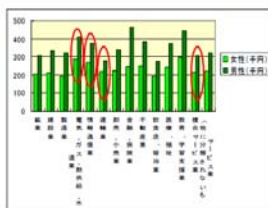
▶ 調査対象

- ▶ 年齢が25～44歳の大卒・院  
卒者1126人
- ▶のうち7割が理系学部、3割が文  
系学部の出身者
- ▶ 職種：ソフト・通信、機械・電  
気・電子、素材系
- ▶ 技術職に就いている人を文  
系・理系出身に区別して比較  
したデータ

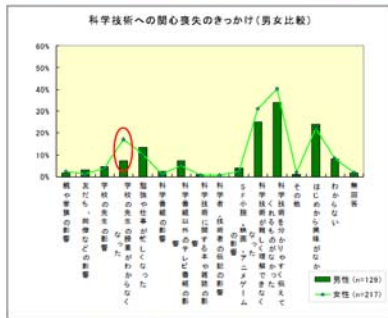
単位：万円

世代	文系 (万円)	理系 (万円)
20代前半	401.3	423.9
30代前半	485.3	518.9
30代後半	604.8	627.4
40代前半	654.0	696.5

	減価(千円)	償却 (千円)	償却率(100%) の比率
総額	205.6	506.6	47.20
建設費	212.9	333.9	63.80
製造費	394.1	322.1	60.67
電気・ガス・熱供給・水道費	209.3	411.9	70.24
修繕費	238.3	175.5	71.12
運搬費	214.9	176.7	77.60
貯蔵・小売費	222.4	344.2	67.53
包装・運搬費	248.7	482.9	53.29
不動産費	247.8	394.4	62.60
営業費	152.4	275.6	55.31
雑費、備品	241.4	171.4	69.85
教育、学芸費等	206.4	440.5	70.23
緑化その他	215.9	307.3	73.28
その他(注)	233.8	321.1	69.74
合計(建設費・製造費・電気・ガス・熱供給・水道費)	2,129.1	2,129.1	100.00

[illegible]

## 科学技術への関心喪失のきっかけ(男女比較)



## 理科の学習に対する周囲の意識

### ①「中学2年生からみた理科の学習に対する周囲の意識」



## Engineer Girl

- ▶ <http://www.engineergirl.org/>
- ▶ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES(米国)
- ▶ 工学に関わる専門分野、職業の紹介
- ▶ 女性エンジニアの紹介
- ▶ 育成プログラムの紹介



## WISE Campaign

- ▶ WISE (Women Into Science, Engineering, and Construction)
- ▶ <http://www.wisecampaign.org.uk/>
- ▶ 王室や貴族などがイ・トロ(英国)
- ▶ キャンペーンの実績
  - ▶ 工学専攻の卒業生の女子の割合
    - ▶ 1984年 7% から 現在 18%に
- ▶ 対象
  - ▶ 少女、女性
  - ▶ 両親、教師
  - ▶ キャリア・アドバイザー、雇用者
  - ▶ 政治家、メディア
- ▶ 少女を惹きつける言葉
  - ▶ All around us! 人を助ける手段
    - ▶ 消防士、救急車の運転手、看護師、医師
    - ▶ そのほか、科学技術のキャリアを通して
      - ▶ 教育者の開発、新薬の開発、福祉サービスの開発
      - ▶ 安全な外科手術のためのコンピュータシステム



## 数理の翼夏季セミナー

- ▶ 毎夏約1週間のセミナー
  - ▶ 1980年夏第1回開催
  - ▶ 数学者広中平祐氏が企画
  - ▶ 現在はNPO数理の翼が企画運営実施
- ▶ 参加者
  - ▶ 数理論理学に興味を持つ者約50名
  - ▶ そのうち7~8割程度高校生、残りが大学生、大学院生
  - ▶ 全国から選抜
    - ▶ 全国の主たる高校の数学科教師に生徒の推薦を依頼
    - ▶ 最終的に各都道府県から1名程度を選抜
- ▶ 講師陣
  - ▶ トップクラスの研究者
- ▶ 交通費・滞在費・参加費すべて無料
  - ▶ 近年は交通費の一部負担
- ▶ 2007年8月第27回セミナー開催予定
- ▶ 同窓会組織「湧源クラブ」
  - ▶ 1980年より毎年約50名のセミナー参加者 → 同窓会組織
  - ▶ 2006年現在1200名を超える若手数学者の団体

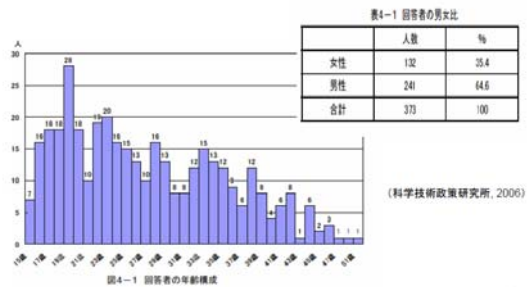
## 数理の翼セミナーの内容

- ▶ 招待講師
  - ▶ 著名な研究者を数名
  - ▶ 専門分野に関する密度の高い講義
- ▶ OB/OG講師
  - ▶ セミナーの「先輩」
  - ▶ 参加者にとってより身近な立場からのアプローチによる講義
- ▶ 夜ゼミ
  - ▶ 夜の自由時間に参加者が自主的に開くゼミ
  - ▶ 公式プログラムのない夜間の自由時間
  - ▶ 宿舎の大広間を夜ゼミ用として開放
- ▶ 参加者発表
  - ▶ 講師が立っていた場所に立ち参加者が自分の研究や考えを発表
  - ▶ 希望者が申し込み発表
- ▶ その他、科学実験、座談会、レクリエーションなど





## セミナー参加者の進路等に関する調査(2006)



14

## 大学での専攻



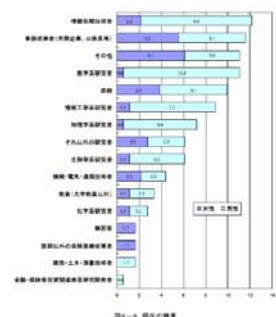
15

## 大学や専攻分野を選ぶ際に最終的に重視した項目



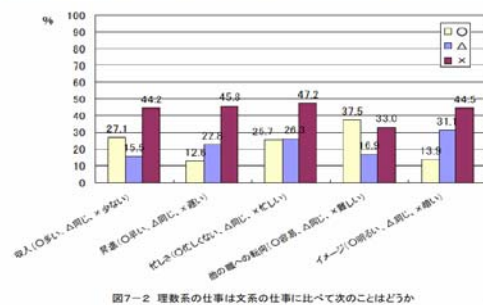
16

## 現在の職業



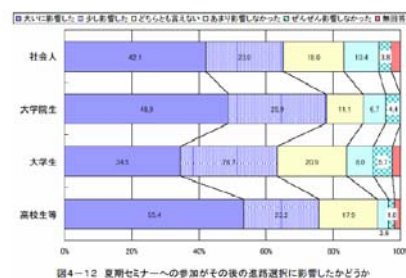
17

## 理数系の仕事と文系の仕事のイメージ比較



18

## 参加者の進路へのセミナーの影響



19

## サイエンスアゴラ2006の実施

- ▶ 会 期 2006年11月25日(土)～11月27日(月)
- ▶ 会 場 国際研究交流大学村(お台場地区)
- ▶ 主 催 独立行政法人 科学技術振興機構
- ▶ 目的
  - ▶ サイエンスコミュニケーション活動を結集して一つの場で行うことで、社会に対して認知をはかり、人々が参加するきっかけとする
  - ▶ 研究機関・研究助成機関・科学技術広報・科学館など、科学技術に関係をもつ様々なセクションが交流をはかることで、研究活動、コミュニケーション活動がより潤滑に行われるようにする
- ▶ 内容
  - ▶ シンポジウム、ワークショップ、実験教室など
- ▶ 参加者
  - ▶ 参加83団体、合計100出展
  - ▶ 登壇者132名
  - ▶ 一般参加者1500名以上
- ▶ 2007年11月23日(金)～25日(日)(開催予定)



20

## ■専門家ネットワークを活用した電子会議 投稿意見の収集結果

テーマ：エネルギー分野人材に関する現状把握

期間：2007年6月29日（金）～7月9日（月）

投稿数：69件（エネルギー 15、環境 13、ものづくり 10、ライフ 10、情報 6、  
社会基盤 5、ナノテク・材料 5、フロンティア 5）

二つのテーマ（日本の強みと変化、強化すべきこと）に関して、意見を収集した。  
以下に得られた結果を示す。

1. エネルギーの中でも、これまでどのような研究によって、日本の強みがもたらされてきたのか。それが近年どのような変化が見られるか。（例： 資源を有効活用する研究によって、省エネ技術が進んだ。しかし最近では資源分野の研究者が減少している。など）

### 【強み】

環境との共存

#### ■環境問題をベースにしたクリーンエネルギーの活用

- ・LD転炉の実用化や、近年の火力発電におけるコジェネシステムの導入
- ・脱硫装置や脱硝装置（脱硝触媒）などは世界的にもトップレベル技術
- ・家畜廃棄物を利用したメタノール生産、炭化、ガス化、メタン発酵等による発電

#### ■省エネ

- ・エンジンの低燃費技術開発
  - ハイブリット型自動車の実用化
  - 高速鉄道技術
  - 低公害性のエンジン
  - 触媒開発
- ・民生部門での低エネルギー消費機器の開発
- ・家畜の生産性向上技術の開発によって間接的にエネルギー消費を抑制

## ものづくり

### ■研究

- ・原子力
  - 軽水炉の技術
  - 原子力利用による水素製造、高温ガス炉を利用したメタノール合成プラント
  - 原子力関連（放射線・安全技術も含む）技術の高さは世界に誇る
- ・ガスタービンの開発
  - 1500℃級のガスタービン
  - 化石燃料を改質した水素を使う水素エンジンやガスタービンの研究
  - 太陽電池、燃料電池等のエネルギー発生装置の研究
  - 水素化精製技術、特に水素化脱硫技術
  - 石油製品を製造する技術や製品の品質

### ■人材

- ・日本人の精密的な知能と技術
- ・機械工学（熱力学、流体力学、材料力学、機械力学）を学んだジェネラリスト
- ・基礎的な領域においても優秀な人材が存在

### ■企業

- ・省エネ先進国意識が製造業全体に行き渡っている
- ・技術志向が強く、細部に亙る効率向上策の立案と実行への努力が行われた
- ・社員の効率向上意識が経営側の以降とほぼ一致
- ・生産性向上を最重視し、目先の商業主義的な利益追求は次善の課題としてきた
- ・建設機械自体のエネルギー消費が低減され、効率的配置によるものづくり
- ・商品競争力の向上やコストの削減の観点を常においている
- ・太陽電池の生産は世界の4割以上を占め、新技術の開発も進んでいる

## 基盤・システム・社会

### ■電力システム（発、配電システム）

- ・送配電技術
- ・大型の発電設備などの研究
- ・地熱発電は地域のエネルギー供給源であり、地域経済に貢献
- ・開発の過程で、探査・掘削技術、貯留層評価技術が飛躍的に向上

### ■燃料電池実用化推進協議会等の場で産学官の取り組み

### ■エネルギー資源確保戦略の強化

### ■原子力、環境、化学の分野は高レベル



## 【変化】

### R&D

- 農業工学（特に農業機械系）研究・技術分野は、オイルショック時に、バイオマス、自然エネルギー利用などの研究・開発が広く行われた
  - ・ 成果が実用化される前に縮小
- 薄膜太陽電池の研究に核融合を目指していた多くのプラズマ研究者が参入して、基礎的な部分で活発な研究が行われた
  - ・ 産業界の製品づくりに反映された
- 高効率発電装置の日本の優位性はかなり希薄
- 結果が早く出せる研究テーマにシフト
- 分散型独立電源を主とする小規模な発電装置の開発をおこなう研究者の増加

### 企業

- 石油精製企業における人員削減
- 特許化や事業化などの方が優先
  - ・ 技術者は従来の高い技術に対し、大きな制約と課題を押し付けられている
- 電力会社が研究開発投資を行い、重電の技術が発展してきた経緯があり、規制緩和を契機に電力会社の R&D 投資が年を追って減少
  - ・ 重電機メーカーの開発をサポートできなくなった
- 自国の資源を適切に理解している技術者が少なくなった
- ものづくりに関わる研究をしていることへの喜びがなくなりつつある
  - ・ 本来の実験の苦労やその克服、あるいは直接製品をつくらないことが原因

### 社会

- 産総研における機構改革
- 省エネルギーの余地の減少、エネルギー価格の上昇、原子力の見直し
- エネルギーの多様化、国家主導によるエネルギー/資源戦略の活発化
- 民間・大学ともに原子力、化学、環境研究者は減少

### 教育

- 大学における金属工学の講座は殆どなくなった
- 電力工学の研究者数は確実に減少
- 電気機器やその制御を専門とする研究者も非常に少なく、教育もままならない状況
- 原子力分野を若い学生に教育できる教官・研究者の数が激減
- 化石燃料系の大学での研究者が減少 → 「バイオマス」関連にシフト
- 放射線科学の研究者は完全にいなくなりつつある

■大学における研究者間の業績（論文）競争の激化

2. 今後もエネルギー分野の強みを維持・向上するために、特に力を入れるべきことは？（例：学会の強化ならびに学会間の連携、遺伝子組み換え研究者や国際政治学者、食料に関する研究者を増やす、など）

### 【研究分野】

#### 環境

- 人体に悪影響を与える紫外線の基礎研究をゲノムレベルで実施
- 調和した総合環境ハイブリット技術のアプローチ
  - ・ポスト地球シミュレータによるエネルギー需要予測、エネルギー輸送を環境問題とリンクさせ考慮
    - 海面上昇、二酸化炭素の吸収等エネルギーに関連する地球環境の課題
- 増える CO<sub>2</sub> を効率よく光合成等を利用

#### 資源

- オイルサンド合成油などの技術開発、特に地層内回収技術の改善が重要
- 天然ガスを原料とする GTL や石炭液化技術の向上とコスト削減
- 海洋石油天然ガスやメタンハイドレート等のエネルギー資源開発

#### 材料

- 電気をを用いて無機物から安価に航空機用燃料や薬品基礎素材などの製造技術の研究開発を推進
- 熱電変換材料
  - ・廃熱利用
- 希少資源に対応するための新規金属材料開発
  - ・希少材料を使用しないモータの研究開発
  - ・従来より一桁発電力が大きな電池の開発
    - 色素増感太陽電池
- ナノテクや MEMS などを活用し高効率にエネルギーを生成する研究
- 摩擦という分野を材料化学の分野から支援

#### 電力・電源

- 小型電源
  - ・地域性を重視した分散型エネルギー資源の開発
  - ・再生可能エネルギーを利用した分散型独立電源の拡大
- 原子力・火力等における高経年化プラントの維持・安全運転に係る検査技術の大幅な強化

- 自国でエネルギー生産して内需拡大率を向上
  - ・ 石炭ガス化など民間・大学ともに強化
  - ・ エネルギー生産に関わる技術開発
    - 原油や必要な石油成分を組み換え生物を構築して生産させる
    - ガスタービン、ガス化炉など

#### 省エネ

- 推進
  - ・ 家庭レベルでの強化
  - ・ 内燃機関のより一層の効率化・高性能化
    - ハイブリッド自動車、CO<sub>2</sub> ヒートポンプ、家電製品の省エネ化
    - NaS 電池、リン酸形燃料電池
    - 海洋での活動の中にも省エネを普及させる
- 自律型省エネルギー政策
- 省エネ技術の海外移転
- 「熱」の観点から議論や研究をする

#### 原子力・核融合

- 温暖化問題は地球規模なのに対して核汚染はローカル
- 高速増殖炉の推進
- 核融合の技術の推進

#### 水素エネルギー

- 水素エネルギー（燃料電池）の発生、輸送および貯蔵に関する技術研究に対して、国を挙げて注力する
- 燃料電池の燃料に DME を使用
- 電気自動車に関する技術の向上
- 貴重な輸入石油を可能な限り効果的に水素化精製する技術の開発

#### 自然エネルギー

- 太陽エネルギーを有効に利用
  - 効率的な光合成産物の利用
  - バイオエネルギー生産系の確立
  - 食糧問題を踏まえ慎重な対応が必要
- 海洋
  - 海洋開発に対する長期のビジョンを持った活動が官学民の各界に望まれる
  - 莫大な海洋自然エネルギー、海水溶存ウランやレアメタル等のエネルギー・資源

の課題を長期的視野に立って地道に追求する

-海水からの熱回収技術

■地熱

-地元の理解を得る努力、そしてコスト削減に一層努めるべき

-バイナリー発電は、大気中での水分放出がゼロ

-地下潜熱を電気エネルギーに直接変換する

-スイス、フランス、オーストラリアでは計画が進行中

■自然エネルギーの変換効率向上

バイオマス

■森林

・森林の育成と管理に対して、年間7兆円近くの対策を投資する

-栽培・森林管理から産業にわたる木材糖化関連分野の基礎・技術研究

-森林基盤整備，搬出システム，効率的な発電システムを開発整備

-木材糖化システム等樹木を利用した研究開発を推進

-雑草や廃材などの植物繊維(リグノセルロース)からの製造技術開発

■食料

・人の食料と競合しない稲ワラや廃木材を原料としたエタノールの生産の推進

・人の食糧問題、家畜の飼料問題との共存を目指す技術開発

・農業

-農業用水を利用したコンパクトな発電の汎用化システム研究

-農業そのものが自然エネルギーを有効利用した環境にやさしい産業であることの再認識と、それがエネルギー消費型産業に姿を変えてしまったことに対する社会的な議論を喚起する

■効率的に排水から純水とエネルギーを生成するバクテリアの研究

■日本の農山村，地方都市向けのバイオマス利用システムを再構築

## 【体制】

### 産学官連携

- 学会発表には、より多くの企業や学校が参加するよう推進する
- バイオ燃料や燃料電池の技術開発における産・学・官の連携促進
- 学会間の連携と連携による政策提言の強化・活発化
- 持続的に木質資源の生産、利用を可能とする行政・産業・学会の連携

### 産業

- エネルギー産業を育てる
  - ・機器産業の進展
  - ・産業化へ向けた技術開発
- 技術が受け入れられる社会システムの構築
  - ・パイロットテストフィールドの拡充
- 農林業活性化のために、攻めとしてエネルギー、守りとして資源循環、この守りと攻めを一体にして何かできないか
- エネルギー、地球温暖化問題を克服し、しかも経済発展と両立させる
- エネルギープロバイダー、エネルギー機器メーカーが一体となって、低価格でクリーンなエネルギーを届ける戦略
- 夜間電力で充電して昼間走る電気自動車の開発と普及
- 補助的なエネルギー源を活用すべき
- エネルギー技術をファイナンス工学でいろいろなところに展開させる

### 国際協調

- 世界に日本の技術を PR する
- アジアとの連携を強化
- 我国の優れた技術(原子力、省エネなど)を中国に輸出し、エネルギーの消費を抑制する
- 海外における権益確保への努力と、国内でのエネルギー源の開発が必要
- 世界が納得する技術確立への日本のリーダーシップを願う

### 戦略

- 政策
  - ・経済的インセンティブを与えるような政策誘導
    - エネルギーの取捨選択
    - 国の省庁枠を超えた取り組みが可能となる仕組みやスキームの確立
    - 食とバイオマスの石油代替燃料の正しい確実な両立・確保を国の策として熟考す

る

- 日本文化を考慮したエネルギー戦略の構築
- エネルギー政策をもっと根本からしっかり検討し、研究者の育成も考え直す
- 社会のシステムの現状を常にダイナミックに見直す
- 次世代への確固たるメッセージを国が掲げるべき
- エネルギーというのは一体何だろうかということを考える

■税・法制度

- ・企業・家庭を問わず太陽光発電の義務化、省エネ対策になる投資への減税
- ・環境税や化石エネルギー税の導入
  - 石油税・ガソリン税などの目的税を財源とした研究費の確保が急務
- ・コストが高くても利用しなければならない制度の確立
- ・京都議定書の遵守
- ・RPS 法などのクリーンエネルギーに対する法制度の整備
- ・カーボンニュートラルの解釈の見直し

研究環境

- 問題解決型の研究と基礎研究をうまく組み合わせる
- エネルギーに関するデータベースを強化し、多方面で活用
- 全消費エネルギーの50%を国内で生産できるような我国のエネルギー自給策を目指した研究・利用体制が必要
- 「選択と集中」ではなく、「多様な」分野に注意を払って冠しながら研究戦略を立てる
- 従来の技術予測の範囲を超えた基本的技術の研究開発
- 新しい技術のシーズ発掘のため基礎技術の開発を担う大学に研究予算を付ける
- 有能な研究者に研究開発できる環境の提供
- ロードマップによる達成予測時期や効果のポテンシャルの評価に基づき、問題解決に徹したものと基礎研究に徹したものの二つを明確に分けて推進
- 社会のトータルシステムの観点からの検討

## 【人材育成】

### 教育

#### ■初等教育、家庭

##### ・PR

- 若い世代も興味がわくようアピール
- エネルギー、資源の有効活用は 21 世紀以降最も重要である認識を国民にアピール
- リスクコミュニケーション（原子力の安全性の国民への浸透と保証）
- 企業・大学の研究発信のための機関誌の発行（西欧ではこのような専門誌が民間から多数発刊）
- エネルギー消費による CO<sub>2</sub> の増加を植林等で相殺することを国民にアピール

##### ・初等教育からの専門家による最先端の紹介、育成講座のプログラムを企画

- ・学校や家庭における子どもたちへの教育（小学生くらいの時から、電気や水、環境について、きちんと教育することや日常生活でのエネルギーの無駄を少なくする工夫）

#### ■大学

##### ・講義

- 熱力学を必修とする
- 電気工学科は面白いと感じさせる教育
- 資源開発分野の教育を強化
- 他国のエネルギーについての国家戦略が読める学者/研究者の確保
- 生態系のシミュレーションや衛星データを解析する人材育成
- 原子力関連材料研究の人材養成
- 問題になる負担を軽減できる技術を開発できる研究者、組織が必要
- 農林水産業の人材育成

##### ・体制

- バイオや資源研究者の増強
- 流行の学科名の横行に歯止めをかけ、エネルギー、環境といった正攻法で行く研究者が増える環境づくりがまず第一で、次に有能な学位を有する人材育成
- エネルギー学科を設置し、ジェネラリストを育てる
- 今までと全く異なる電力ネットワークを構築できる人
- 省エネ関連分野へ進む学生の奨学金、ポスドク枠の拡大
- 金属材料の専門家の人材バンク形成
- 景気の動向にとらわれることなく貴重な人材を保有していく
- 地理学者（地質学や農林工学を含め）や経済学者に目を向ける
- バイオ科学、生物工学における研究開発者の計画的な育成
- 1 代限りのパーマネントの上級技術職(教授と対等の待遇)を大学院や研究機関内に作る

-大学でのエネルギー教育講座、企業でのエネルギー人材教育

#### マネジメント能力

- LCA 分野を教授できる人材の育成
  - ・ 太陽パネルの製造から清掃などのメンテナンスを含む
- 問題に対する提言を積極的に行い、実行に移す人材
- 評価・マネジメントができる人材の育成
- 国内外の政治への洞察力を養う
- 技術を社会に浸透させるところまで担当できる技術者、研究者、組織が必要
- フランスの AREVA に相当する会社組織を参考にする

#### 制度

- 博士の学位を持つレベルの有能な研究者集団を育成し、優遇する環境が必要
  - ・ 給料を高くする
  - ・ 研究費や給料の問題
- パーマネント研究技術職の確保に更なる投資が必要
- 国家レベルでこの分野の人材を増やすことが必須
- 全国的にエネルギーに関する行事に参加しやすいような環境づくり

以上



## 資 料 2

Phase 2 アンケートによる定量調査（2007年12月）

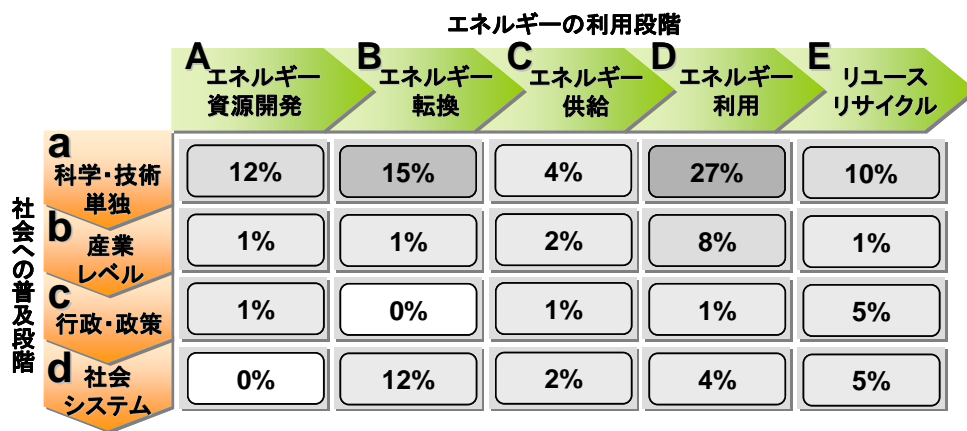
### 【アンケート回答者のエネルギー分野内人材分布】

回答者がエネルギー分野にどのように関わっているかを聞いた結果を図表 資1と資2に示す。“エネルギー分野に関連する”の全回答者数202名、“エネルギー分野に関連する可能性あり”の全回答者数は142名であった。

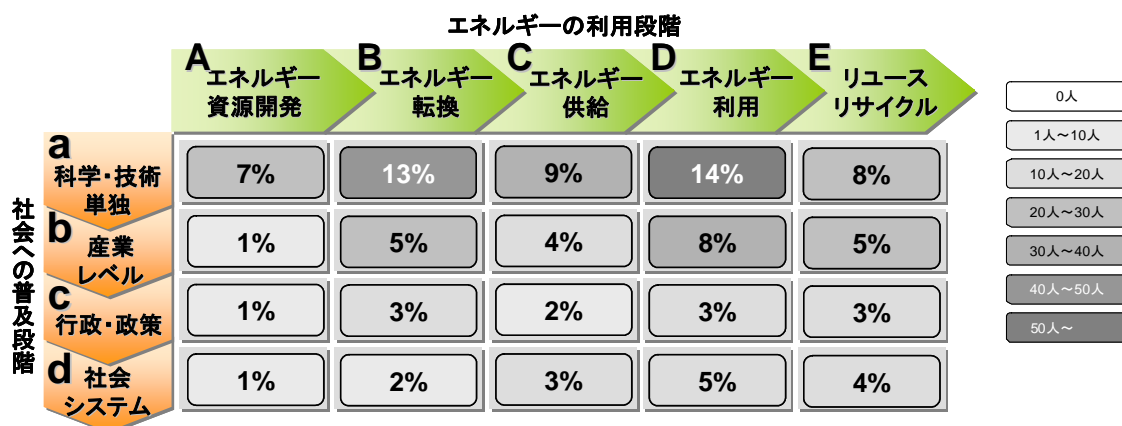
図表 資1の“エネルギー分野に関連する”、図表 資2の”エネルギー分野に関連する可能性あり”も、社会への普及段階として見ると、総じて「a. 科学技術単独」の領域に多いが、数は少ないが産業から社会システムまで幅広く存在していることがわかる。また、利用段階としてみると、エネルギーの「転換」と「利用」が他よりも多い結果となった。

全体として、今回の回答者は、「エネルギーの資源開発からリサイクル(a-D)」まで扱っている、研究や技術の開発者が多いことがわかる。単独に、次のa-Bの領域で、上流（A）と下流（E）、および中間（C）では相対的に低い傾向である。しかしながら、アンケート回答率が比較的高い（26%）ことから、今回得られた結果は、エネルギー分野の一つの特徴を示唆しているものと思われる。

図表 資1 “エネルギー分野に関連する”の回答比率  
(図表 12 再掲)



図表 資2 “エネルギー分野に関連する可能性あり”の回答比率



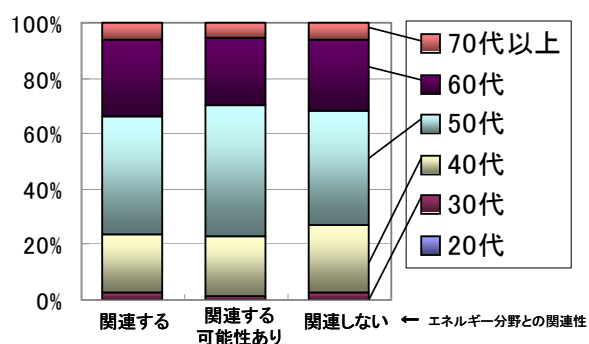
## 【個別アンケート結果】

以下に、それぞれの個別のアンケート結果を示す。

### ■ 属性〈基礎情報〉

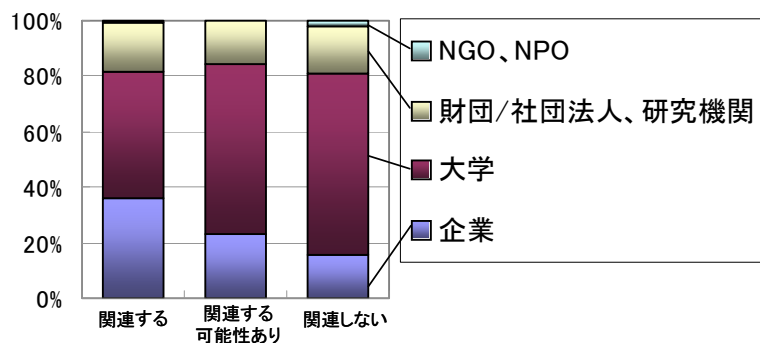
エネルギー分野では特に高年齢化が懸念されており、その実態を把握する必要がある。そこで回答者の属性について調査した。

#### Q あなたの年齢は？



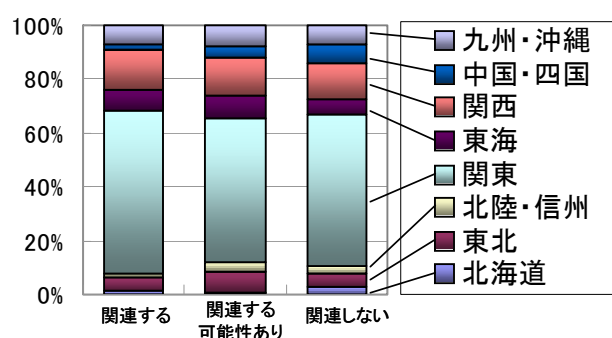
今回の回答者の年齢は、「50代」、「60代」、「40代」が主であり、やはり高年齢化傾向が見られる。

#### Q あなたが所属する団体は？（リタイアされた方は主に所属されていた団体）

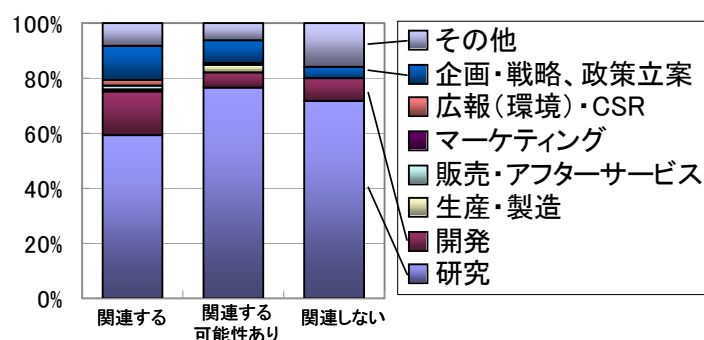


“エネルギー分野に関連する” では、企業の比率が高く、大学の比率が低い。

#### Q あなたの勤務地は？

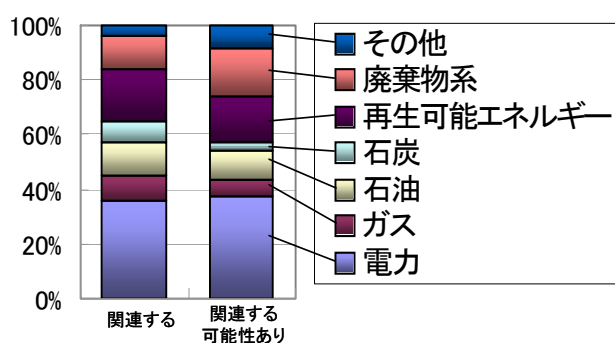


Q あなたのお仕事は？



“エネルギー分野に関連する” では、「開発」と「企画戦略、政策立案」の比率が高く、「研究」の比率が低い。

Q あなたのお仕事は、どのエネルギーが対象となりますか（今後適用の可能性も含めて）？  
【複数選択可】

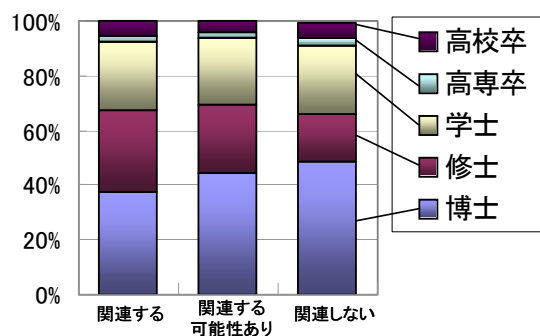


全体的に分布が見られるが、関連するグループにガス、石油、石炭が若干多い傾向が見られる。

## ■ 属性〈仕事場の体制〉

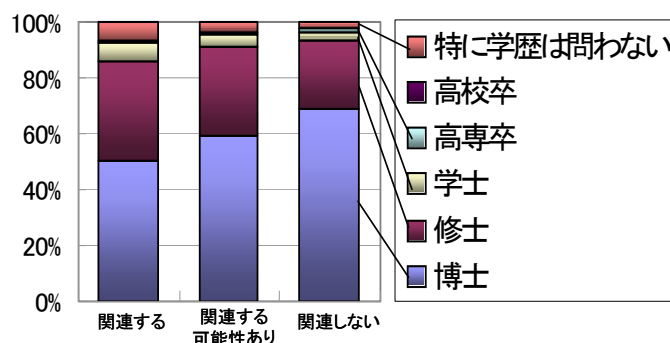
座談会において、企業は博士取得者を必ずしも必要としていない意見が出された。このようなことを把握するために、仕事場の現状について調査した。

Q あなたの仕事場では、どんな学歴レベルの方がどれ位の人数比率で所属していますか？



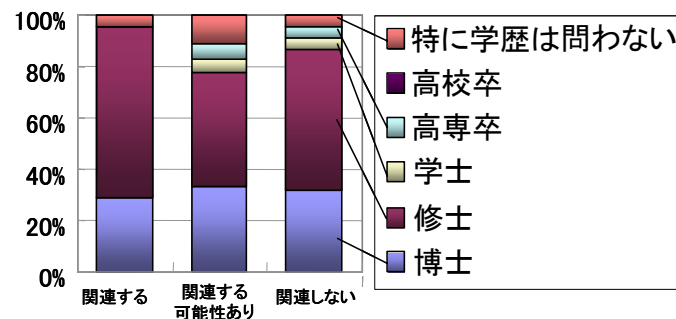
Q あなたのお仕事では、今後どんな学歴レベルの方が特に必要とされそうですか？

(図表13再掲)

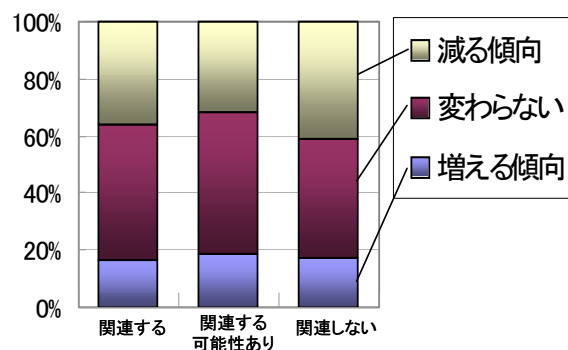


仕事場の学歴構成、今後必要な学歴、ともに、エネルギー分野との関連性が高いほど、「博士」の割合が低く、「修士」の比率が高い。しかしながら、“あなたが所属する団体は?”に対する回答から、エネルギー分野との関連性が高いほど、属性として大学関係者が少ないとい

う傾向が分かっているので、回答結果から大学関係者分を差し引いて再集計した（下図）。その結果、「博士」の割合はエネルギー分野に関わらず、30%前後であることが分かった。また、「エネルギー分野に関連する」では、「修士」の比率が最も高い結果となった。

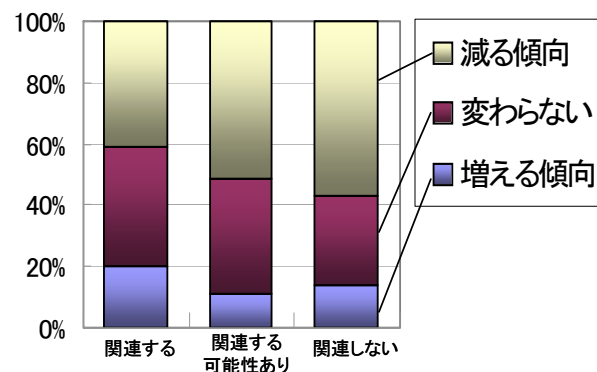


Q あなたの所属する団体の研究者・技術者の数は以前と比べて増える傾向にありますか？



人員の増減傾向は、エネルギー分野との関連性に関わりなく、同様の比率であった。

Q あなたの所属する団体の研究・開発予算は、以前と比べて増える傾向にありますか？

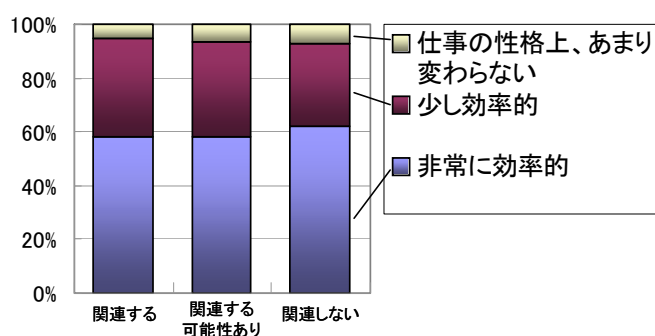


予算は、「エネルギー分野に関連する」で増加する傾向が強い。

## ■ 仕事の支援1〈支援スタッフの活用〉

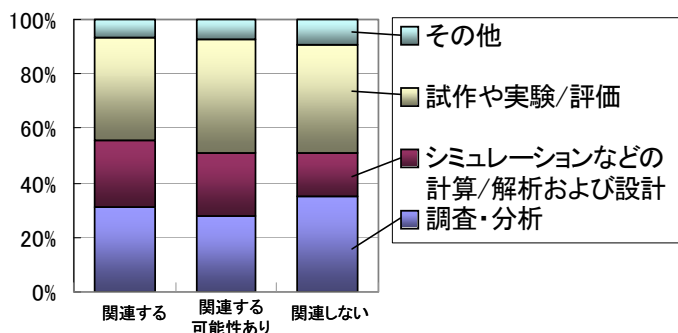
ここでいう支援スタッフとは、事務補助的な作業ではなく、ある程度の特特殊技能や専門トレーニングを必要とし、情報調査や分析、シミュレーション/設計、試作や実験/評価、などの仕事を支援してもらう人材(および組織)のことを指す。

Q あなたのお仕事では、“支援スタッフ”の活用によって仕事が効率的になりますか？



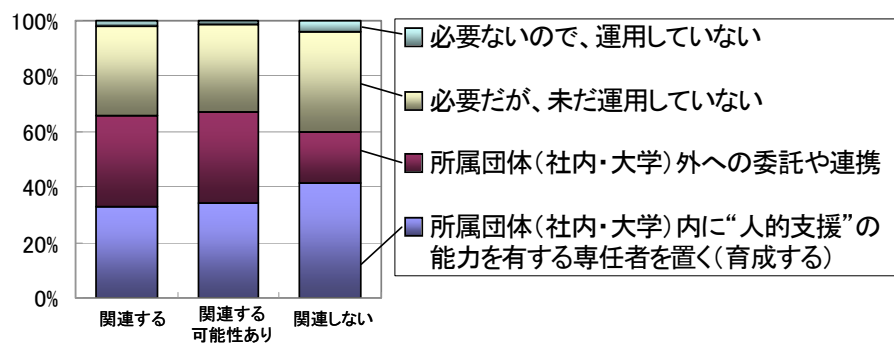
“支援スタッフ”は、エネルギー分野との関連性に関わりなく、効率的である。

Q あなたのお仕事で “支援スタッフ”を活用している（したい）内容はどんな事ですか？  
【複数選択可】



期待される内容で最も多いのは、「試作や実験/評価」であるが、“エネルギー分野に関連する”、“エネルギー分野に関連する可能性あり”では、「シミュレーションなどの計算/解析および設計」の比率が高い。

Q “支援スタッフ”をどの様に運用していますか（運用できそうですか）？



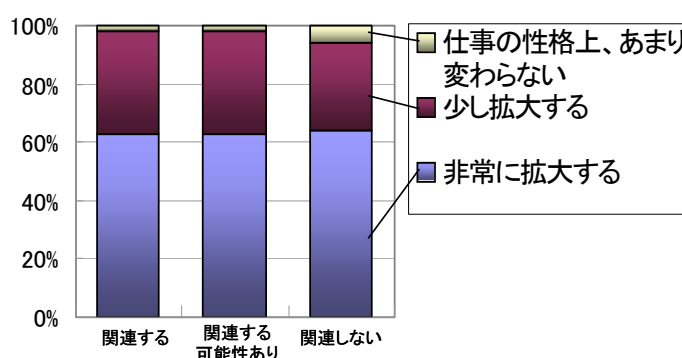
運用方法において、“エネルギー分野に関連する”、“エネルギー分野に関連する可能性あり”では、「所属団体（社内・大学）外への委託や連携」の比率が高い。



## ■ 仕事の支援2〈新たな知恵の導入〉

研究や開発を進めるに際し、新たな知恵をどのように導入しているのか把握するために設問を作成した。

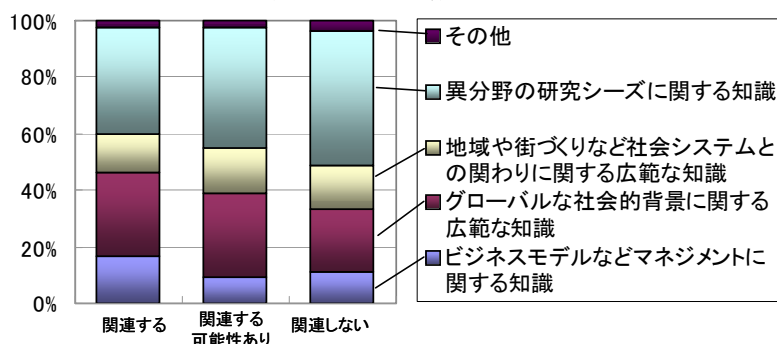
Q あなたとあなたのお仕事にとっての“新たな知識”を導入することによって、仕事の付加価値が拡大しますか？



“新たな知恵” は、エネルギー分野との関連性に関わりなく、付加価値が拡大する。

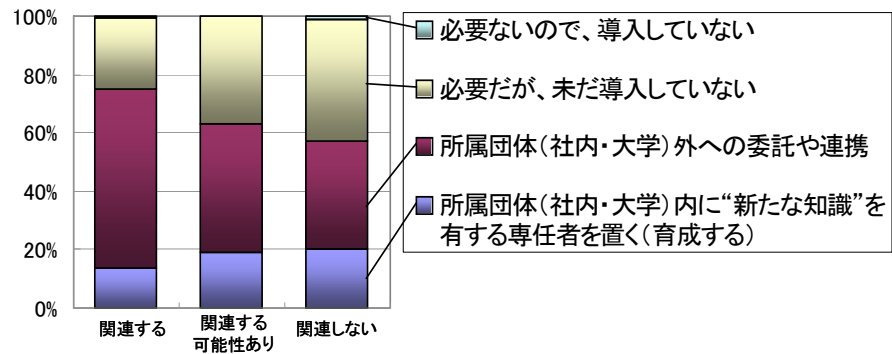
Q あなたとあなたのお仕事にとっての“新たな知識”を導入する場合に求める事は、次のうちどれですか？ 【複数選択可】

(図表 14 再掲)



導入内容においては、“エネルギー分野に関連しない”では「異分野の研究シーズに関する知識」の比率が高いが、“エネルギー分野に関連する”では「グローバルな社会背景に関する広範な知識」、「ビジネスモデルなどマネジメントに関する知識」の比率が相対的に高い。

Q その“新たな知識”をどの様に導入していますか(導入できそうですか)?

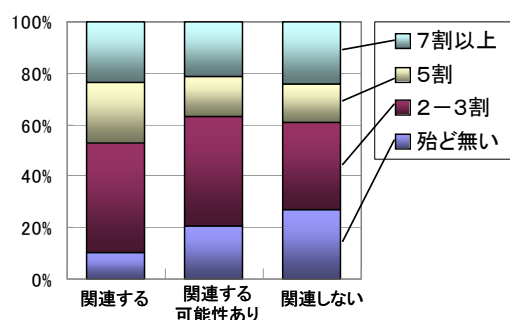


導入方法において、“エネルギー分野に関連する”では特に、「所属団体（社内・大学）外への委託や連携」の比率が高い。

## ■ 大学～産業間の連携〈大学から見た連携〉

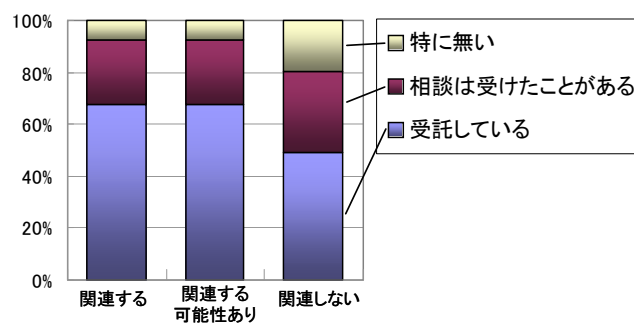
ここでは、大学から見た産業界との連携についての現状を把握することを目的として設問を作成した。

Q 学生が卒論や卒研テーマに関連する企業に就職または進学した割合は、どれ位ですか？



“エネルギー分野に関連する”、“エネルギー分野に関連する可能性あり”では、就職先の研究テーマとの関連度、および企業との研究実施比率が高い。

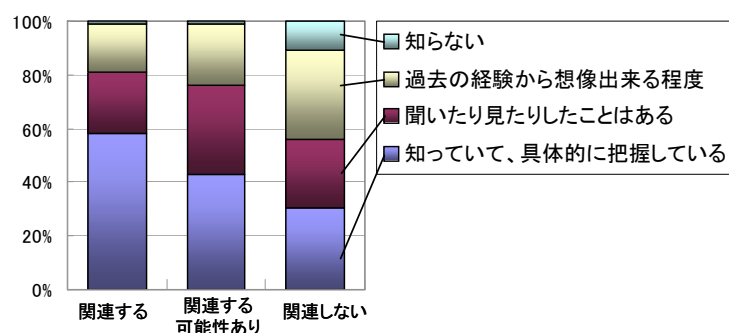
Q 研究委託や共同研究などを企業から受けていますか？



産業界人材のニーズ把握においては、エネルギー分野との関連性に高いほど、具体的に把握している。

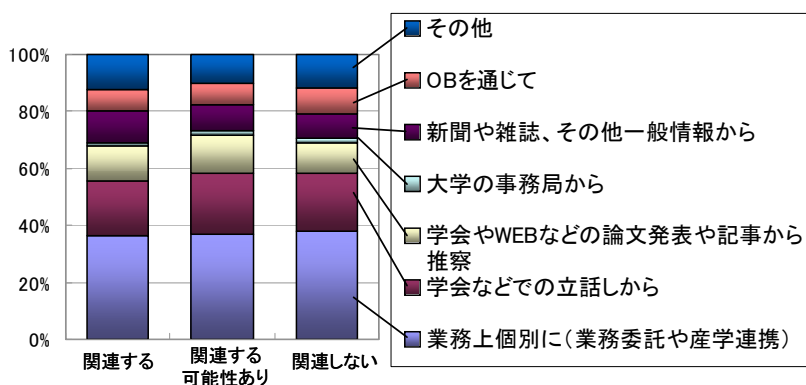
Q あなたの研究分野に関わる産業界が欲する人材ニーズをご存知ですか？

(図表 17 再掲)



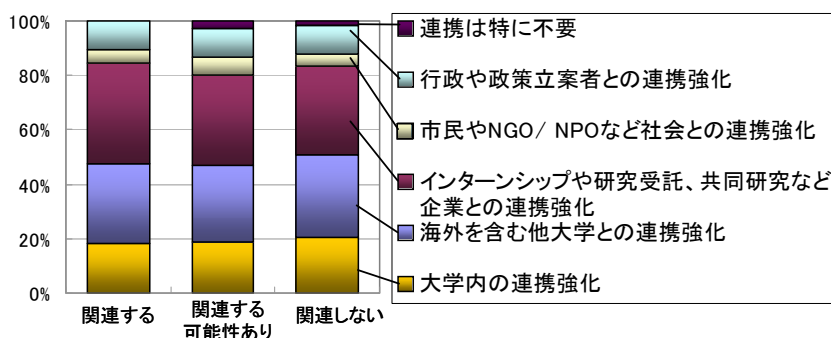
ニーズ情報の取得手段、望まれる連携施策においては、エネルギー分野との関連性に関わりなく概略同様の比率であった。

Q 産業界が欲する人材ニーズ情報をどこで得ましたか？ 【複数選択可】



Q あなたの研究分野における人材の資質向上のためには、どの様な連携施策が特に有効ですか？ 【複数選択可】

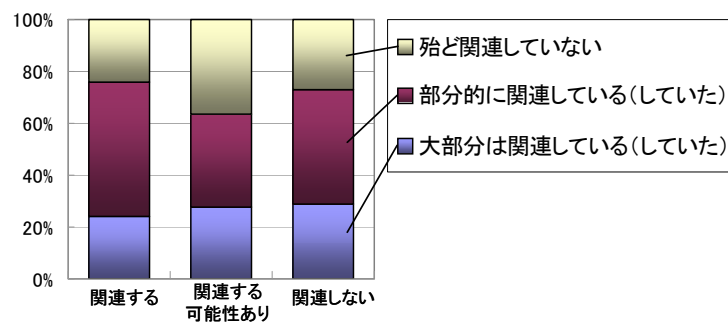
(図表 19 再掲)



## ■ 大学～産業間の連携〈大学以外から見た連携〉

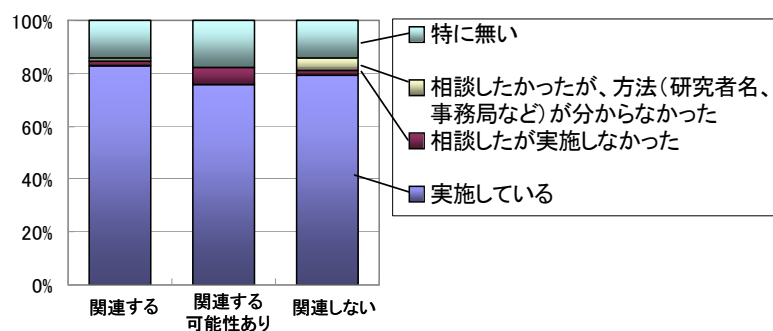
ここでは、連携先を大学としている人を対象として設問を作成した。大学が輩出している人材が、社会でどのように見られているかを把握することを目的として実施した。

Q あなたは、卒論や卒研テーマで扱った内容と関連する仕事をしていますか？



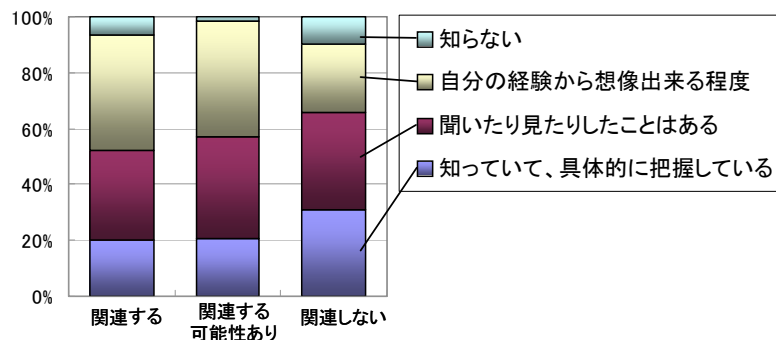
就職後の研究テーマ関連度が殆ど無い比率は、総じて2～3割、大学との研究実施が8割、であることが分かった。

Q 研究委託や共同研究などを大学と実施していますか？

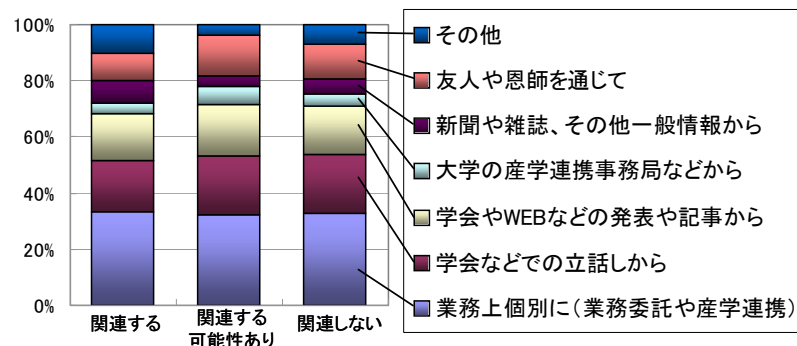


Q あなたのお仕事に関連する学部や学科（大学）で、最近教えているカリキュラムをご存知ですか？

（図表 18 再掲）



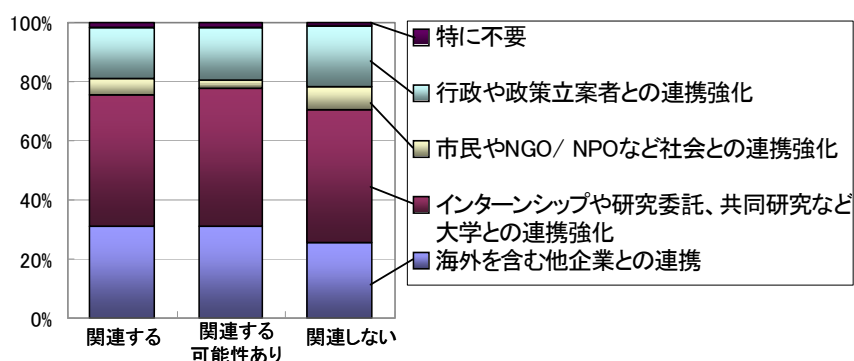
Q 最近教えているカリキュラム情報をどこで得ましたか？ 【複数選択可】



カリキュラムの把握においては、エネルギー分野との関連性が高いほど、「知っていて具体的に把握している」の割合が低く、「自らの経験から想像できる程度」の比率が高い。

Q あなたのお仕事の分野における人材の資質向上のために、どのような連携施策が特に有効ですか？ 【複数選択可】

（図表 20 再掲）



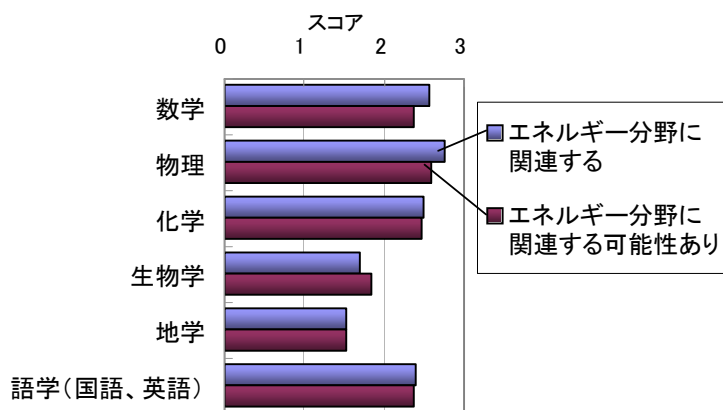
望まれる連携施策においては、エネルギー分野との関連性が高いほど、「海外を含む他企業との連携」の比率が高い。大学、産業界ともに「インターンシップや研究委託、共同研究など大学との連携強化」に最も期待している。

これら大学と大学以外の調査結果を見ると、具体的な人材像把握に関して、大学～産業間での乖離が顕著であった。大学での産業会ニーズ把握状況に比べ、企業でのカリキュラム把握度が低い。

### ■ エネルギー分野に求められる教科、施策

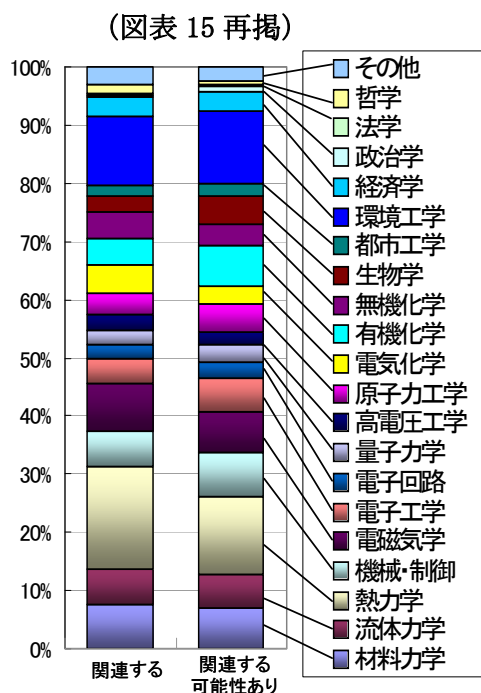
近年、大学受験者数を増やすことを目的として、物理を受験科目としていない大学が増加している。よって当然、物理を学習していないにもかかわらず、工学部に進学するケースが増えている。学生に人気がないという理由で、電気電子科や原子力学科が情報学科や環境システム科などの名として改組されている学科が少なくない。しかし、エネルギーに携わる人材が、必修として学んでおくべき基礎科目がある。ここでは、どのような科目を必修とすべきか把握することを目的としてアンケートを作成した。

Q エネルギー関連人材に必要な 思考力 を高めるために、高校までの基本教科のうちどれが特に重要だと思いますか?【点数をつけて下さい：極めて重要：3、重要：2、普通：1】



思考力については、エネルギー分野との関連性に関わりなく、「物理」のスコアが最も高い。

Q エネルギー関連人材に必要な 素養 として、大学での基本教科のうちどれが特に重要だと思いますか？【3つお選び下さい】



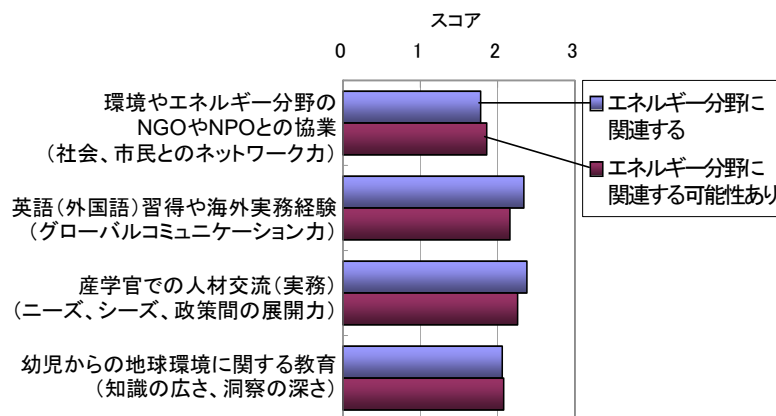
素養については、総じて、「熱力学」、「環境工学」の比率が高いが、“エネルギー分野に関連する”では特に「熱力学」の比率が高い。

Q エネルギー関連人材に必要な 適応力 を高めるために、特にどんな事を強化すべきだと思いますか？【点数をつけて下さい：極めて重要：3、重要：2、普通：1】

適応力については、「英語（外国語）習得や海外実務経験（グローバルコミュニケーション力）」と「産学官での人材交流（実務）（ニーズ、シーズ、政策間の展開力）」のスコアが高い結果となった。

(図表 16 再掲)

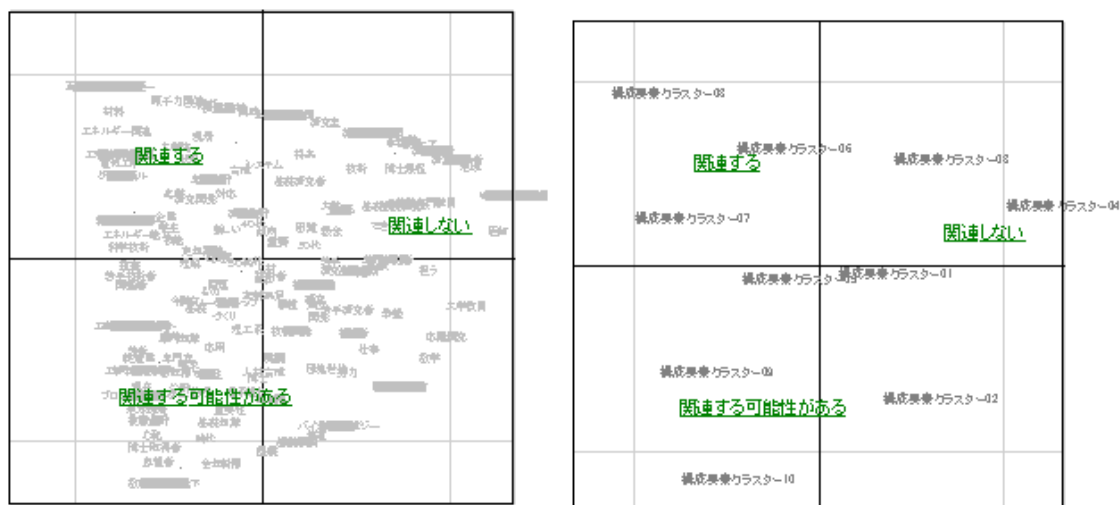




### 自由記述からの意見

アンケートの中で、全般的な懸念事項について自由記述による回答を得た。そこで得られた特徴的なキーワードを元にクラスター分析を行い、エネルギー分野との関連性が強い部分を抽出した。その結果を図表 資3に示す。

図表 資3 クラスター分析によるエネルギー分野との関連強度より求めた結果



以下に、各クラスターとエネルギー関連度との比較した結果を、キーワードとしてまとめる。

#### (1) 「エネルギーに関連する」に近いグループ (クラスター6、8)

クラスター6	高度支援者・基礎研究者・電気・電子分野・原子力関係の育成、優秀人材・予算確保、経験不足への懸念、20年後の懸念
クラスター8	エネルギー産業全般、育成不足への器具、教育人材、プラント維持管理安全性への懸念、材料工学、進学・就職希望者減少、不人気、問題解決能力欠如、理科離れ、理解不足、コーディネート、現場経験の必要性

(2)「関連する可能性がある」に近いグループ (クラスター2、9、10)

クラスター2	ポストク問題、団塊ジュニア、質的能力低下、諸外国との競争力・学校教育・理数系能力低下、地道な努力不足、支援人材、匠・製造業・製造技術、短期的成果を求める風潮、融合領域
クラスター9	複数分野の融合・協力・、応用力・解決策、人材育成、指導人材・プロジェクトリーダー・経営者・管理職、エネルギー政策、バランス、地球環境、基礎学力・基礎力の必要性
クラスター10	柔軟性・つぶしが利く人材、統合化・最適化、時代・社会情勢・社会全体・環境影響、志望者減少、学科名変更、博士取得者

(3)「エネルギーに関連しない」に近いグループ (クラスター3、4)

クラスター3	基礎研究・研究環境分野でのポスト不足・研究環境、技術専門職員・研究支援者の必要性、任期制の問題、マネジメント、システム思考・全体理解・意欲の欠如
クラスター4	医療・情報分野・ソフト産業での負担増、機会減少、研究指導人材不足、定数削減・待遇面の問題

(4) 上記共通のグループ (クラスター1、5、7)

クラスター1	ゆとり教育の弊害や生産現場での技術伝承、若手人材の確保、専門技術者の不足
クラスター5	3K、ものづくり人材の不足、広い視点や視野を持ったリーダーシップ、教育、10年後の懸念
クラスター7	科学技術立国、エネルギー問題、グローバル化、環境問題、少子高齢化、若手・技術者・研究者不足、製造現場、理工系離れ

これらの結果を総合的に判断すると、エネルギーに関連するグループほど支援者を必要としており、学生に不人気の電気・電子や原子力関係への人材育成や将来への懸念が強く出ている。一方で、エネルギーに関連しないグループでは、むしろソフト面への危惧が強い傾向が見られる。すべてに共通な意見としては、ものづくりの重要性や理工離れなどが懸念されていることがここでも明らかとなった。

## 参 考 資 料

エネルギー関連施策

# 平成19年度 「原子力人材育成プログラム」 実施方針

平成19年2月  
文部科学省  
経済産業省

## 1. 原子力人材育成プログラムの実施に向けた基本方針

### プログラム実施に当たっての基本方針

#### I. 教育活動支援

##### 1. 原子力基礎教育研究の充実

###### (1) 基本方針

- ・学生の質の向上を目指す
- ・原子力基礎教育を重視
- ・基礎的原理や論理的考え方を十分身につけた上で、実習・実験を通じた問題解決型の教育を重視
- ・既存の施設を活用するもの、地元企業との連携による相乗効果が期待できるもの等、ポテンシャルの高いプログラムを重視
- ・他大学等との連携による取組を評価
- ・国際的に活躍できる人材を育成する教育プログラムを評価
- ・原子力基礎分野の研究活動や、特色ある教育体制を評価

###### (2) 事業内容

- ・原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力基礎教育のためのカリキュラム・教科書などの教材開発、外部講師招聘、学科の運営
- ・上記のためのシニアを含む産業界や研究機関等からの外部講師招聘
- ・大学の教育研究炉を活用した炉物理実験などの現場実習
- ・安全を前提とする原子力関係施設の整備・運営
- ・教員の資質の向上・人員の確保、支援スタッフの増強

## 1. 原子力人材育成プログラムの実施に向けた基本方針

### プログラム実施に当たっての基本方針

2. インターンシップの充実
  - (1) 基本方針
    - ・原子力事業の海外展開に沿ったグローバルな感覚を持った人材育成を重視
    - ・産業の現場での実践的教育を重視
  - (2) 事業内容
    - ・海外機関等を活用したインターンシップへの支援
    - ・国内インターンシップとしては、産業界のインフラ活用による実習支援
3. 進路選択前及び原子力専攻以外の学生への講演会、施設見学会、その他の教育機会の提供
  - (1) 基本方針
    - ・教養としての原子力の基礎的知識の提供
    - ・原子力への興味を持たせるための活動支援
  - (2) 事業内容
    - ・進路選択前及び原子力専攻以外の学生（特に周辺分野）のための講演会、外部講師招聘への支援
    - ・上記学生を対象とした施設見学会への支援

2

## 1. 原子力人材育成プログラムの実施に向けた基本方針

### プログラム実施に当たっての基本方針

4. 原子力のコアカリキュラムの整備
  - (1) 基本方針
    - ・長期的視点から、今後原子力産業において必要とされる人材の育成のためのカリキュラムを作成
  - (2) 事業内容
    - ・大学の原子力関係学科で採用されるべき標準的なカリキュラム及び教材を調査・開発する
- Ⅱ. 原子力を支える基盤技術分野の研究活動支援
  - (1) 基本方針
    - ・研究後継者の人材育成という観点から、原子力を支える構造強度、材料強度、腐食・物性、溶接、熱・流体・振動、放射線安全の基盤技術分野を優先的に支援
    - ・産業界からのニーズを踏まえた研究テーマに対して優先的に支援
    - ・原子力産業には必要不可欠である基盤技術分野の研究も適切に評価
  - (2) 事業内容
    - ・産業界から基盤技術分野における大学等に対する研究ニーズを提示
    - ・当該ニーズに対応する大学等での研究への支援

3

## 2. 原子力教育支援プログラム(経済産業省)

平成19年度政府原案：7,500万円程度(1,500万円程度×5事業)

事業期間：平成19～21年度(3年間)

スキーム：委託費

支援対象：カリキュラム開発、教材開発、講師招聘

### (1) 基本的考え方

炉物理などの原子力の基礎教育から保全工学などのより実践的な教育等をベースとした専攻や講義等の未来の展望を開くカリキュラムと教科書・教材の充実を図る。

### (2) 優先すべき事業

- 原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野から保全工学などの実践的分野を重点的に支援。
- 炉物理実験、原子燃料実験、放射線取扱実験などの実験を通じた実践的な実習教育を支援。
- シニアを含む産業界や研究機関等からの外部講師招聘。

### (3) 留意点

- 産業界からのニーズを踏まえた実践的な教育を評価。

### (4) その他

- 原子力専攻以外の学生(特に周辺分野)への外部講師招聘。
  - ・原子力の興味を持たせるための講演会など。

4

## 3. チャレンジ原子力体感プログラム(経済産業省)

平成19年度政府原案：7,500万円程度(900万円程度×8事業)

事業期間：平成19～21年度(3年間)

スキーム：委託費

支援対象：教育研究炉等での実習教育、国内外でのインターンシップ

### (1) 基本的考え方

原子力産業や研究現場の実態と魅力を知る機会の充実を図るため、大学などの教育研究炉を活用した実践的な実習教育や、研究機関、学会、海外機関のプログラム等を活用したインターンシップ等への旅費を含めた参加費への支援。

### (2) 優先すべき事業

- 京大、東大、近畿大の原子炉施設を用いた実習教育(臨界実験、反応度測定試験、照射試験、放射線計測、非密封の放射性物質の取り扱いの実験)への支援。
- 研究機関の施設を利用した実習教育を支援。
- 学生の学会事業などへの参加費を支援。
- 海外インターンシップとしては、海外の大学、研究機関、国際機関への学生の派遣プログラムを支援。
- 国内インターンシップとしては、産業界のインフラ活用による実習教育を支援。

### (3) 留意点

- 実践的な実習教育を評価。
- 原子力事業の海外展開に沿ったグローバルな感覚を持った人材育成教育を評価。

5

## 4. 原子力の基盤技術分野強化プログラム(経済産業省)

平成19年度政府原案：1億円(2,000万円×5事業)

事業期間：平成19年度～(3年間程度)

スキーム：補助金(100%補助)

支援対象：原子力を支える基盤技術分野(構造強度、材料強度、腐食・物性等)における研究活動

### (1) 基本的考え方

原子力プラント開発や信頼性確保に欠かせなく、かつ研究後継者の人材育成という観点から必要とされている原子力を支える基盤技術分野(構造強度、材料強度、腐食・物性、溶接、熱・流体・振動、放射線安全)に対し、重点的に支援。

### (2) 優先すべき事業

以下の原子力を支える6つの基盤技術分野に対して重点的に支援。

- 構造強度(破壊力学、疲労強度、非破壊検査など)
- 材料強度(破壊制御、破壊事故解析など)
- 腐食・物性(腐食損傷、電気化学、水化学など)
- 溶接(溶接・接合、溶接力学など)
- 熱・流体・振動(流体力学、熱流動研究など)
- 放射線安全(保健物理、核医学、放射線計測など)

### (3) 留意点

- 産業界からの研究テーマの提示を受け、産業界のニーズを踏まえた研究に対して支援。
- 若手研究者の育成に資する研究に対して支援。

6

## 5. 原子力研究促進プログラム(文部科学省)

平成19年度政府原案：1,600万円程度

(大学 200万円程度×5事業、高専150万円程度×4事業)

事業期間：平成19年度(1年間)

スキーム：補助金(100%補助)

支援対象：大学・大学院等の原子力関係専攻・学科等における、研究・研修に関する事業

### (1) 基本的考え方

将来原子力産業に携わる者の育成のため、原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野において、学生の主体的な実習・実験を通じた課題発見・解決型の教育や、原子力産業への学生の興味関心を促すような取組を重点的に支援。

### (2) 優先すべき事業

以下の取り組みに対して重点的に支援。

- 原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野における取組
- 学生自らの計画に基づいた研究・研修活動
- 原子力産業について理解を深めるための研究・研修活動

### (3) 留意点

- 研究・研修活動のプロセスや教授等による学生への指導・支援体制を適切に評価
- 産業界を始めとする外部と積極的に関わるような活動を評価

7



## 6. 原子力研究基盤整備プログラム(文部科学省)

平成19年度政府原案：1億円程度(大学 5,000万円程度×2事業)

事業期間：平成19年度～平成21年度(3年間)

スキーム：補助金(100%補助)

支援対象：原子力に関する研究・教育ポテンシャルの高い大学院の原子力関係専攻における研究基盤の整備に係る事業

### (1) 基本的考え方

原子力専攻長の強いリーダーシップと理念の下、長期的視点に基づき、施設整備や研究活動の強化充実を含む、原子力特有の基礎分野の研究教育基盤の整備を図る。

### (2) 優先すべき事業

以下の取り組みに対して重点的に支援。

- 原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野の充実のための基盤整備
- 既存の施設を活用する計画、地元企業との連携による相乗効果が期待できる計画等、ポテンシャルを活用したプログラムを重視
- 原子力基礎分野の研究活動や、特色ある教育体制を評価
- 国際的に活躍できる人材を育成する教育プログラムを評価

### (3) 留意点

- 各校の特色やポテンシャルが十分発揮された計画を評価する。
- 学生の質の向上に向けた費用対効果の説明を重視する。
- 産業界の長期的ニーズを踏まえた計画を評価する。

8

## 7. 原子力教授人材充実プログラム(文部科学省)

平成19年度政府原案：1,000万円程度

(大学 200万円程度×4事業、高専100万円程度×2事業)

事業期間：平成19年度(1年間)

スキーム：補助金(100%補助)

支援対象：大学・大学院等の原子力関係専攻・学科等における教授人材の充実に係る事業

### (1) 基本的考え方

将来にわたって原子力産業に人材を輩出するため、原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野における教員の質の維持・向上及び必要分野における教員の人員確保を図る。

### (2) 優先すべき事業

以下の事業に対して重点的に支援。

- 原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野における取組
- 教授の研究活動の質を高めるような取組み
- 教授の教育・指導能力を高めるような取組み
- 教授体制充実のための講師招聘

### (3) 留意点

- 産業界からの長期的ニーズを踏まえた計画を評価
- 原子力基礎分野の研究活動や、特色ある教育体制を評価

9





## 8. 原子力コアカリキュラム開発プログラム(文部科学省)

平成19年度政府原案 : 1,700万円程度

事業期間 : 平成19年度～21年度 (3年間)

スキーム : 委託事業

事業内容 : 大学の原子力関係学科で採用されるべき標準的なカリキュラム及び教材を調査・開発する

### (1) 基本的考え方

長期的視点から、今後原子力産業において必要とされる質の高い人材の育成のためのカリキュラムを作成。

### (2) 留意点

- 原子炉物理学、放射線安全学、核燃料サイクル工学等原子力特有の基礎分野を重点化したカリキュラム構成とする。
- 学生の実習を重視したカリキュラム構成とする。
- 国際的に活躍できる人材を育成する教育プログラムを評価する。
- 産業界からの長期的ニーズを踏まえたカリキュラム構成とする。
- 原子力人材育成に関する他の事業の長期的な企画運営に資するものとする。

# エネルギー研究者・技術者の 育成・維持について

平成19年8月2日  
総合科学技術会議  
基本政策推進専門調査会  
エネルギーPT会合

## 分野別推進戦略(エネルギー分野)より抜粋

### (2) 科学技術システムの強化

#### ○エネルギー研究者・技術者の育成・維持

原子力技術などのエネルギー技術は、研究開発に長期間を要することや、エネルギー技術は様々な研究領域の総合技術である点を踏まえると、**複数の研究領域に精通する人材**などエネルギー分野の技術開発を担う**研究者や技術者を持続的に育成し、一定レベルの質・量を維持**していくことが極めて重要である。また、この分野において優秀な人材を確保することで、エネルギー問題の本質的な課題を画期的に改善していく新しい発明や発見の基盤を確保することが重要である。このため**エネルギー関連技術の重要性を社会に周知**するとともに、**大学等における教育プログラムや研究拠点を産学で連携**するなど構築・強化していくことが必要で、文部科学省や経済産業省などがこうした取組を積極的に支援していくことが必要である。

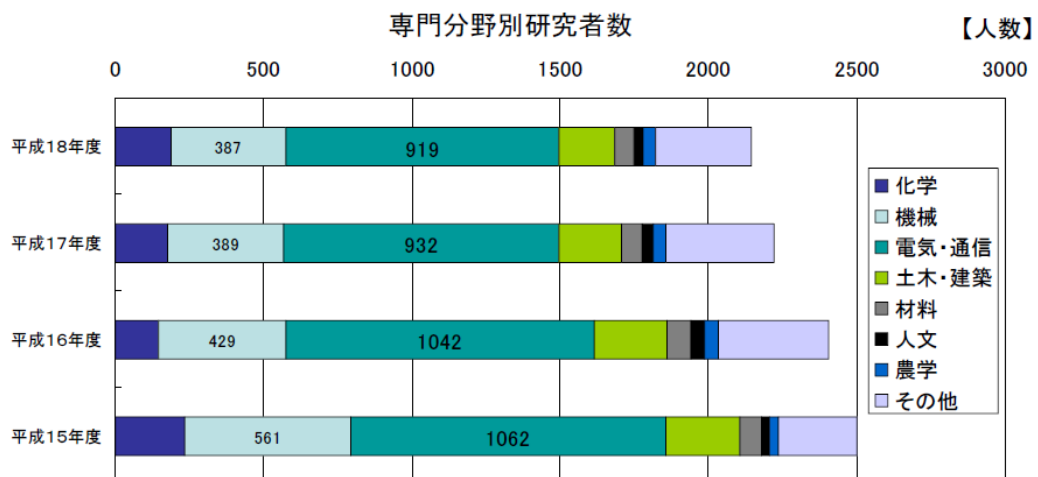
- 問題提起(スライド3～スライド5)
- 人材供給の側面(スライド6 ～スライド14)
- 企業・社会教育の側面(スライド15～スライド17)
- 人材流動性の側面(スライド18～スライド22)

2

#### 問題提起

### 電力・ガス・熱供給・水道事業における研究者数(企業)

全体として年々減少傾向



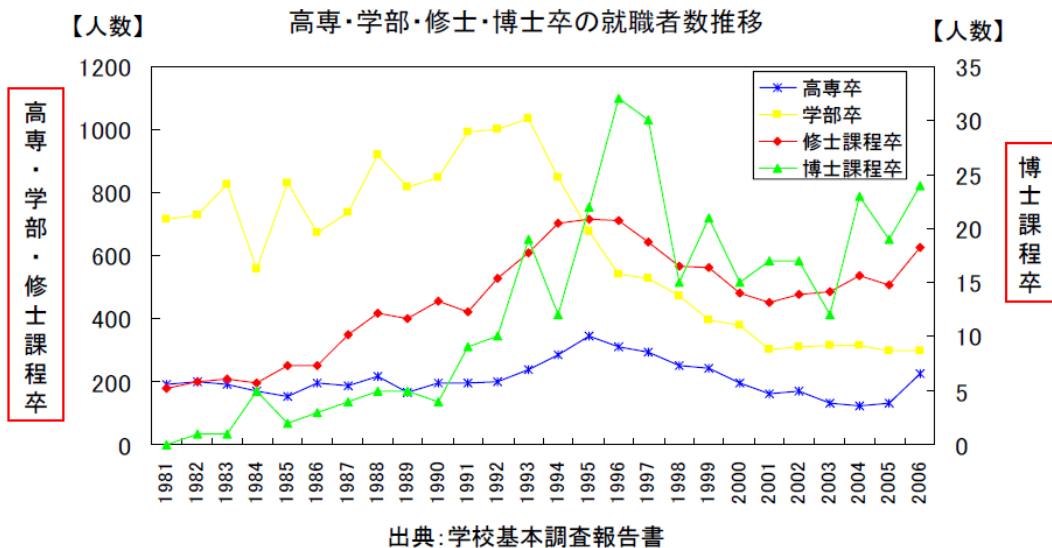
出典:総務省統計局のデータより内閣府作成

3

問題提起

## 電気・ガス・熱供給・水道事業への就職者数

1993年をピークに減少傾向（特に学部卒の減少が著しい）

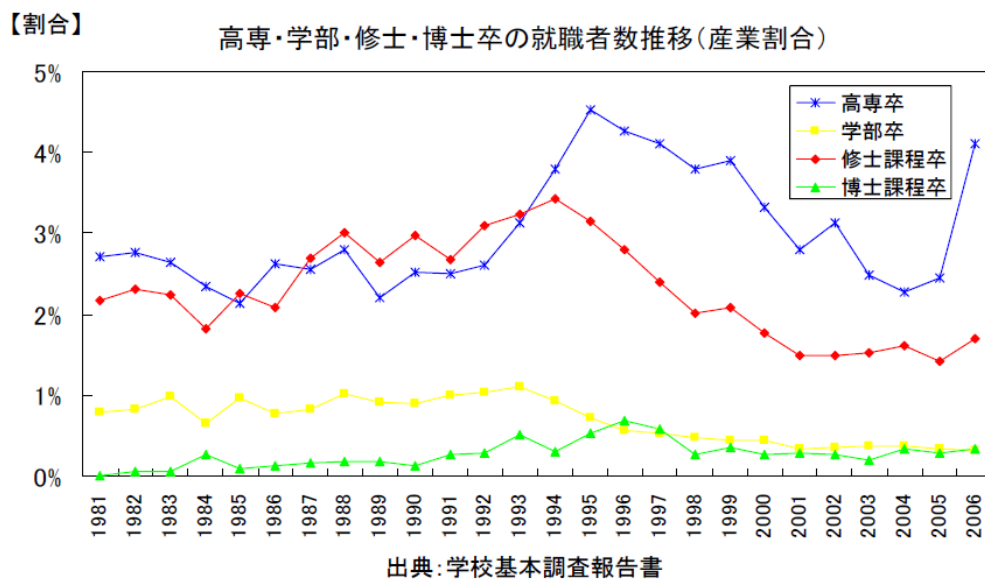


4

問題提起

## 電気・ガス・熱供給・水道事業への就職者数割合

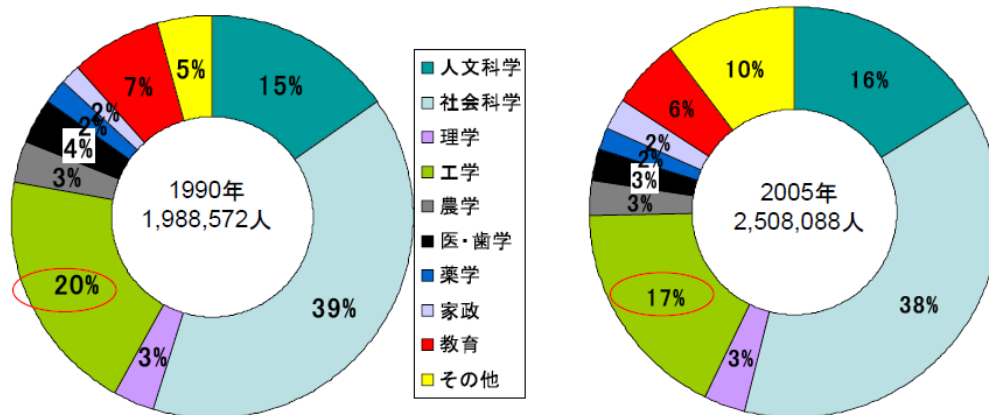
産業別に見ても、減少傾向（特に修士課程卒の減少が著しい）



5

## 大学学部の関係分野別学生の構成推移

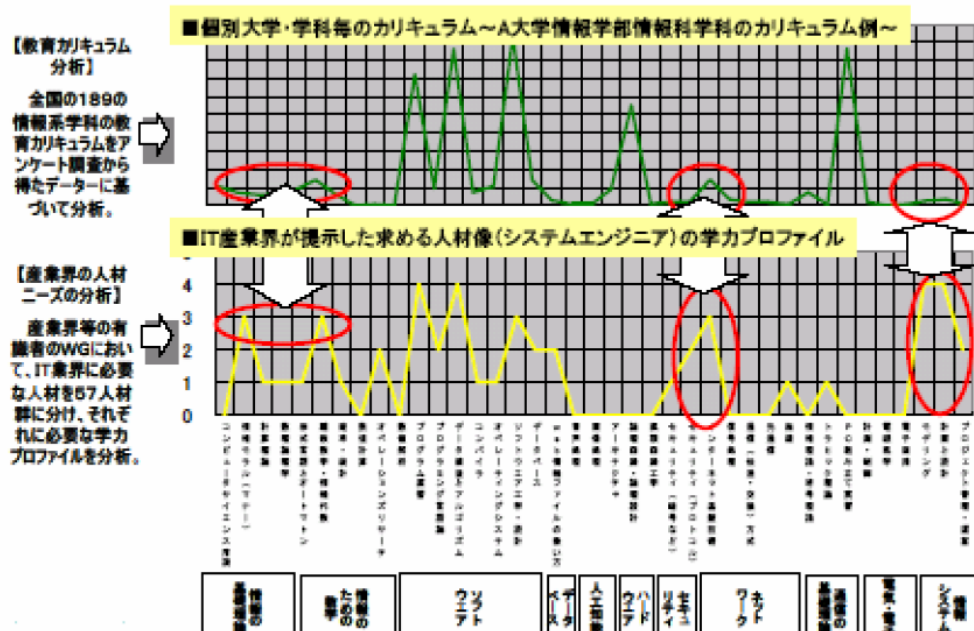
工学部の割合減少



出典: 文部科学省HPより内閣府作成

6

## カリキュラム面でのギャップ (IT分野を例に)



7

## 高等教育における人材育成の国際レベル

① Times Higher World University Rankings

○総合・・・北京大15位、東大16位、京大31位、東工大99位  
○自然科学分野・・・東大8位、(北京大14位)、京大16位、東工大50位

※約1300人(88ヶ国)の大学関係者・研究者によるアンケート結果(2005年10月)

② 世界研究機関ランキング 1995 - 2005

○総合・・・東大13位、京大31位、阪大35位、東北大72位、名大96位  
○材料・・・東北大2位、京大8位、阪大9位、東大14位、東工大17位、九大27位  
○物理・・・東大2位、東北大14位、阪大24位、京大27位、東工大37位  
○化学・・・京大3位、東大4位、阪大12位、東工大17位、東北大21位

※トムソンISI社が、学術論文の引用動向データをもとに、最近11年間の論文引用パフォーマンスを分析

③ IMD 世界競争力ランキング 2005

○University education・・・49位 / 61位  
○The educational system・・・32位 / 61位  
○Knowledge transfer・・・21位 / 61位

※IMDによる調査:各国の産業人に対し、自国の評価(6段階)を依頼し、その結果を順位化

④ ゴーマンレポート

○カリキュラム(生化学、工学、人文、物理、社会科学・・・全大学ランク外)  
○教授の質・・・東大43位 / 49位 他大学はランク外  
○学問の質・・・東大41位 / 47位 他大学はランク外

※Jack Gourmanによる、米国を除く各国の大学に対する評価結果による(1998年版) 出典:経済産業省 8

## ダブルメジャーやメジャーマイナーの導入実績

(平成15年度)

	国立大学	公立大学	私立大学	合計	全体割合
大学数	25	5	87	117	17%
学部数	37	9	156	202	11%

※大学院大学8大学(国立大学4大学、公立大学1大学、私立大学3大学)は含めない

## 《ダブルメジャー、メジャーマイナー等を導入している大学の例》

- ・京都大学人間総合科学部 「副専攻制度」
- ・桜美林大学 「主専攻・副専攻制度」
- ・兵庫大学経済情報学部 「主専攻・副専攻制度」
- ・北海道大学大学院工学研究科 「双峰型教育」
- ・常磐大学大学院人間科学研究科 「メジャー・マイナー制」

## 《ジョイント・ディグリーを導入・検討している大学》

(平成15年度)

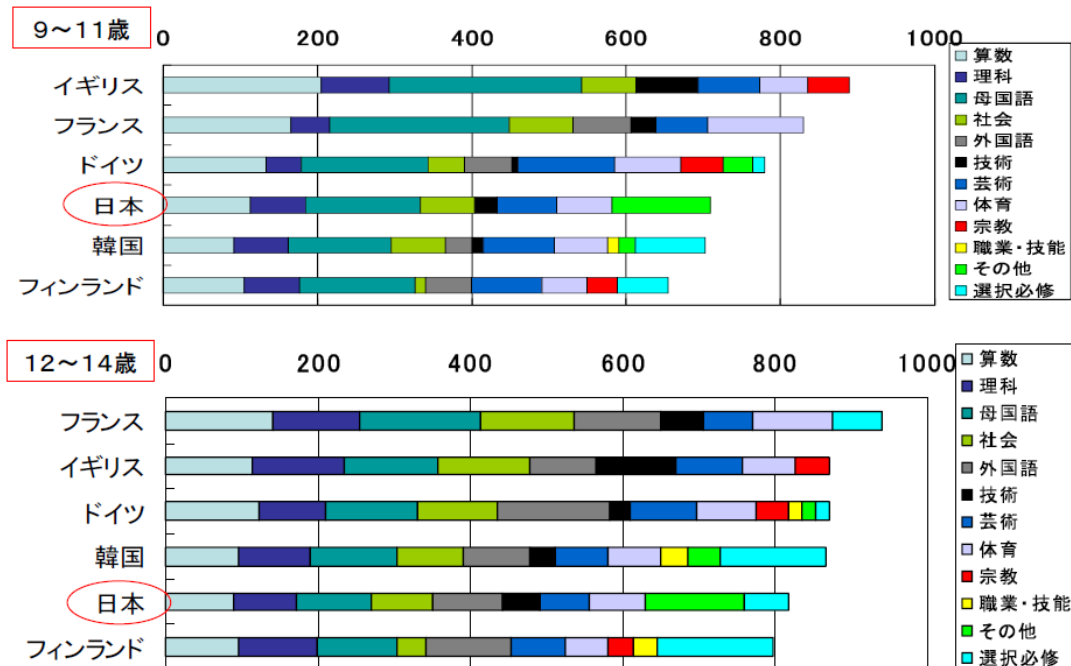
	国立大学	公立大学	私立大学	合計
導入している	0	0	10	10
検討中	25	3	44	72

※「ジョイント・ディグリー」とは、ある分野で学位を授与された後に別の分野で教育を受け、学位を授与されるというように、一定期間において複数の学位を取得できる履修形態

出典:文部科学省 9



## 各国の年間必修授業時間(教科別割合)



出典:文部科学省HPより内閣府作成 2003年データ

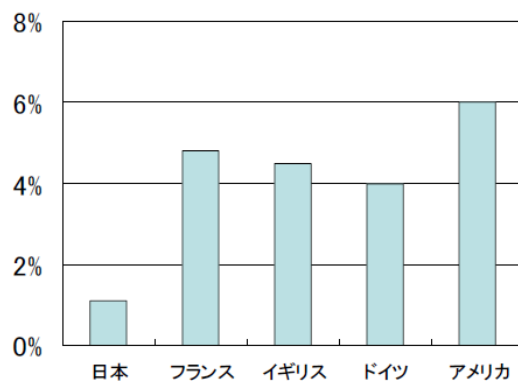
10

## 高度外国人材の活用

国際的なネットワークの形成や様々な文化や経験を有している  
高度外国人材の活用は重要ではないか

高度熟練労働者に占める外国人比率

研究者および大学教員に占める外国人比率



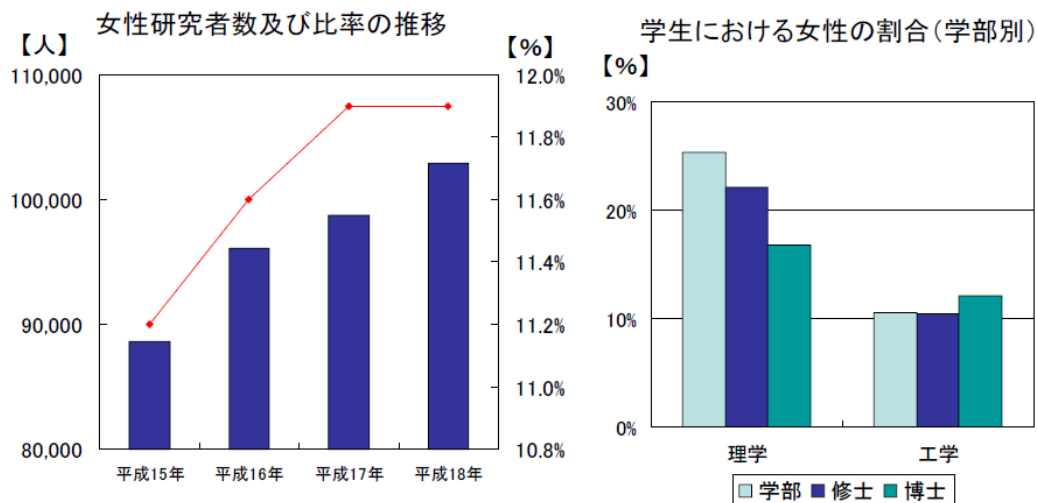
	日本	フランス	イギリス	米国
研究者全体	1.5%	5.6%	なし	なし
大学教員	2.5%	5.4%	17.6%	19.3%

出典:経済産業省HPより内閣府作成

11

## 女性人材の活用

少子高齢化社会の到来を踏まえ、女性人材の一層の活用が必要ではないか

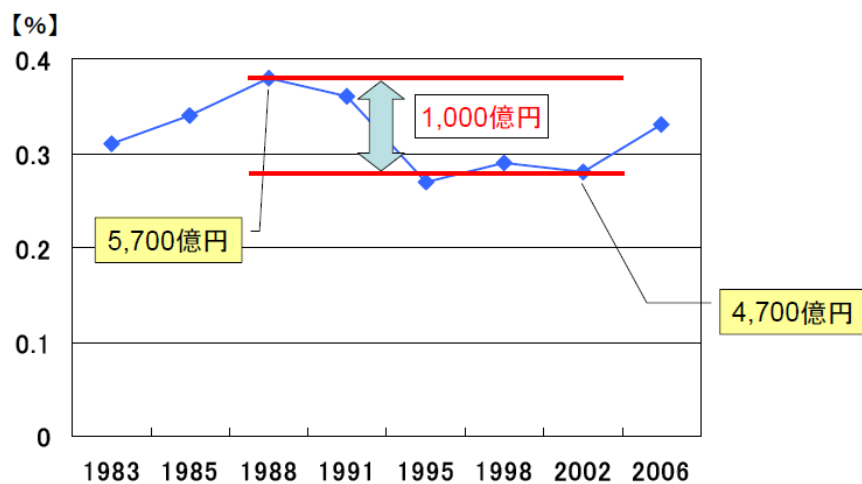


出典: 内閣府

12

## 企業の人材育成投資の状況

労働費用(現金給与総額を含む)に占める教育訓練費の割合



資料出所: 1983年 労働省「労働者福祉施設制度等調査」  
 1985～1998年 労働省「賃金労働時間制度等総合調査」  
 2002年 厚生労働省「就労条件総合調査」

出典: 厚生労働省13



## エネルギー・コミュニケーター制度（経済産業省の公募事業）

エネルギーに関する知識・経験をもつ専門家（エネルギー・コミュニケーター）の派遣を通じて、学校や社会教育施設、地域社会、NPO等におけるエネルギー問題や地球環境問題などに関する学習活動を実践的に支援することを目的に設けたもの

1. 児童生徒や学校の先生・保護者をはじめとした教育関係者及びエネルギー・環境問題に関心のある一般の方々を対象とした制度
2. 研修を通じて養成した企業・大学・研究機関等の実務家・専門家、教育経験者、社会教育指導者等が、それぞれの専門性や経験を活かしながら、エネルギーについて皆様とコミュニケーションを行う講師や指導者として学習活動を支援
3. 学校であれば、学習の進捗や派遣授業の位置づけなど、状況を充分にうかがいながら、対象やニーズに応じた授業内容・プログラムを設定
4. 最適なエネルギー・コミュニケーターの選定やモデルプランを提案
5. 複数名の同時派遣が可能

平成19年度 エネルギー・コミュニケーター授業テーマ：163件

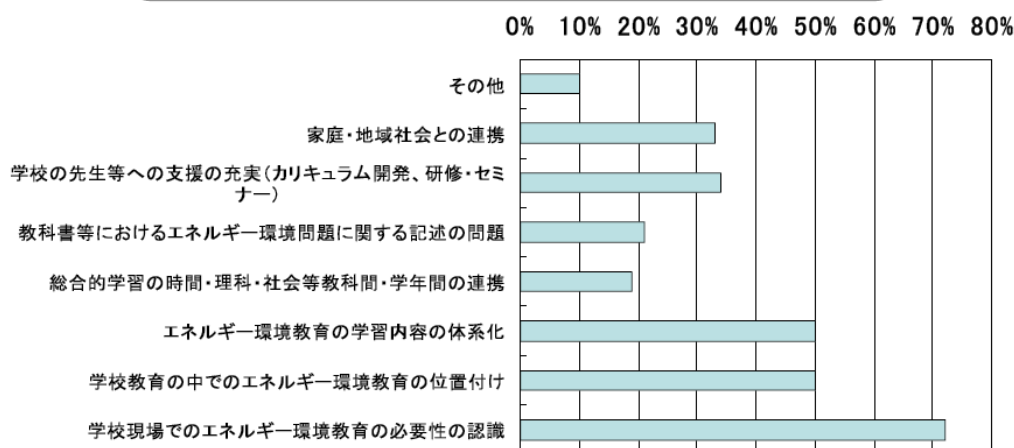
平成18年度 エネルギー・コミュニケーター授業テーマ：163件

出典：経済産業省HPより内閣府作成

14

## エネルギー環境教育の支援を行っていく上での課題・問題点と思われる項目（上位3項目）

学校現場でのエネルギー環境教育の必要性の認識  
学校教育の中でのエネルギー環境教育の位置付け  
エネルギー環境教育の学習内容の体系化

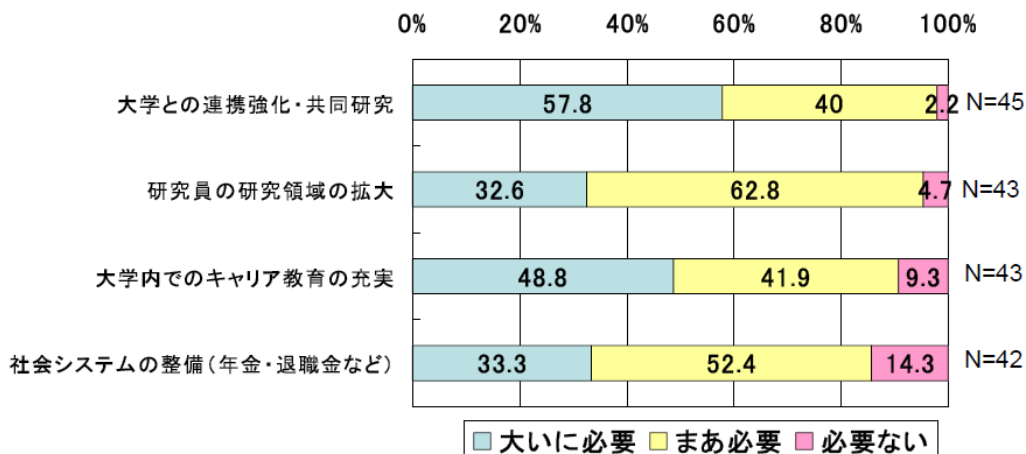


出典：科学技術と経済の会

15

## 企業への転職を促進するための要素

企業への転職を促進するために必要なものとしては、「大学との連携強化・共同研究」と「大学内でのキャリア教育の充実」という回答が多い

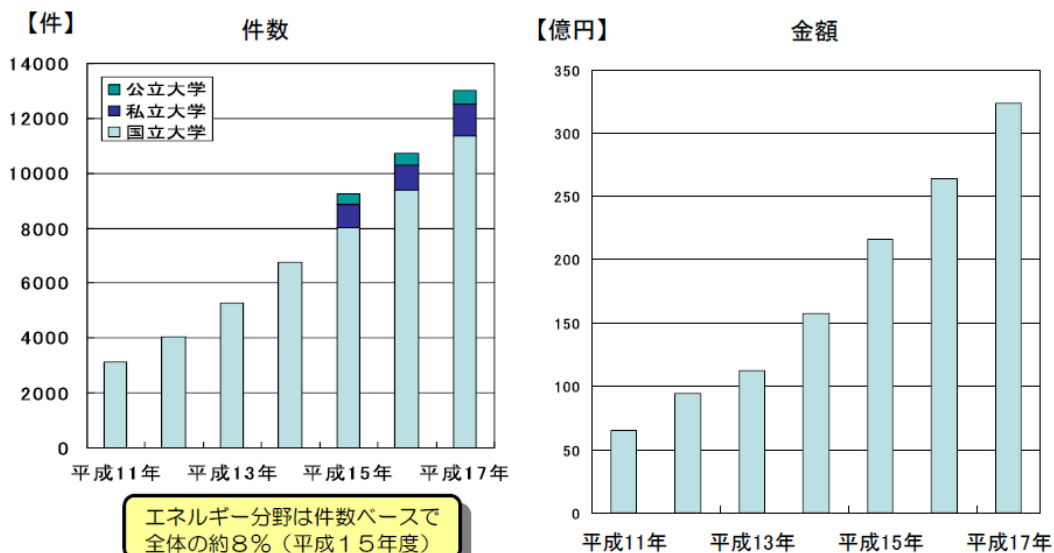


出典: 研究産業協会

16

## 産学共同研究の推移

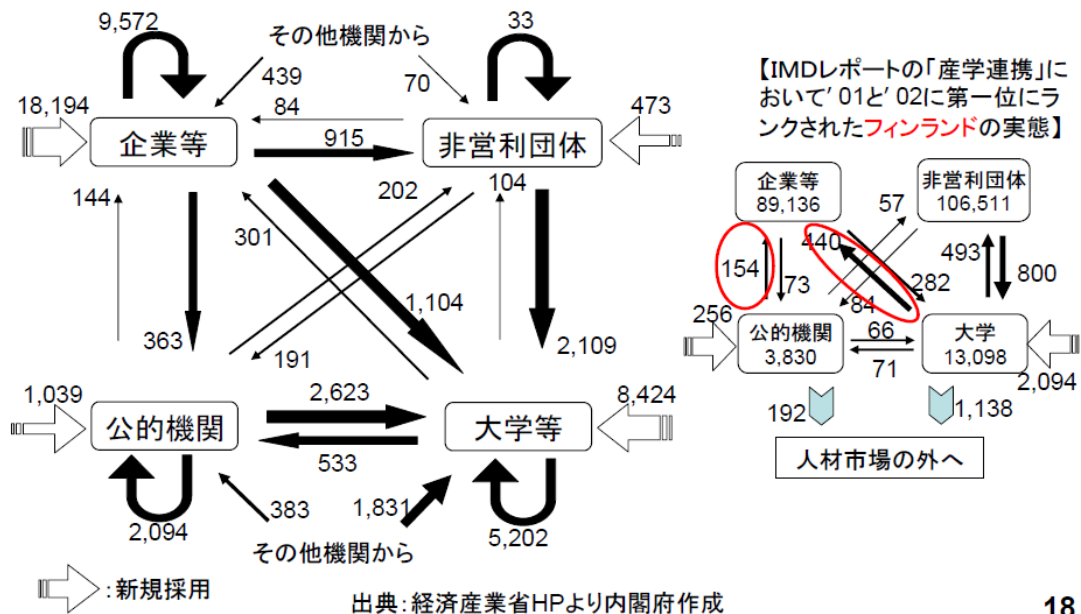
件数・金額ともに増加傾向



出典: 文部科学省HPより内閣府作成

17

## 産学官における人材交流・流動性について



18

## 産学人材交流について(産業総合研究所の取組)

### 【タイプA】産業技術ポスドク育成事業

- ・住電モデル：ポスドクの付加価値を高め、我が国全体のイノベーションシステムの駆動力として活躍
- ・産総研と企業の共同研究プロジェクトなどに、ポスドクに従事させ、目的や期日が明確な製品化研究の能力を涵養

### 【タイプB】技術研修制度

- ・企業からの派遣研究者・技術者を最先端の研究開発に従事させ、より高度な研究開発能力を身につけた研究者・技術者として企業へUターン
- ・企業へ産総研職員の出向

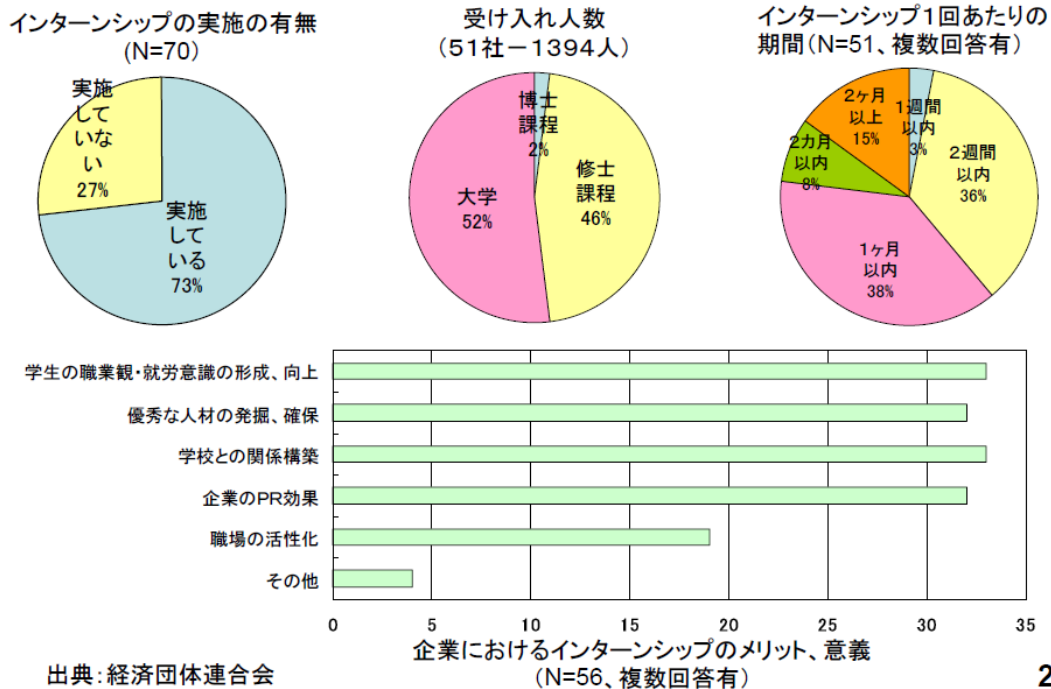
### 【タイプC】中小企業人材育成事業

- ・研究開発に有用な技術を身につけた高度な専門技術者(産総研高度専門技術者の育成)
- ・地方自治体の支援を前提とした人材育成制度の構築(茨城県など)  
茨城県：中小企業育成政策に基づいて中小企業の中核的若手人材を産総研が3～6ヶ月採用して育成

出典：産業総合研究所

19

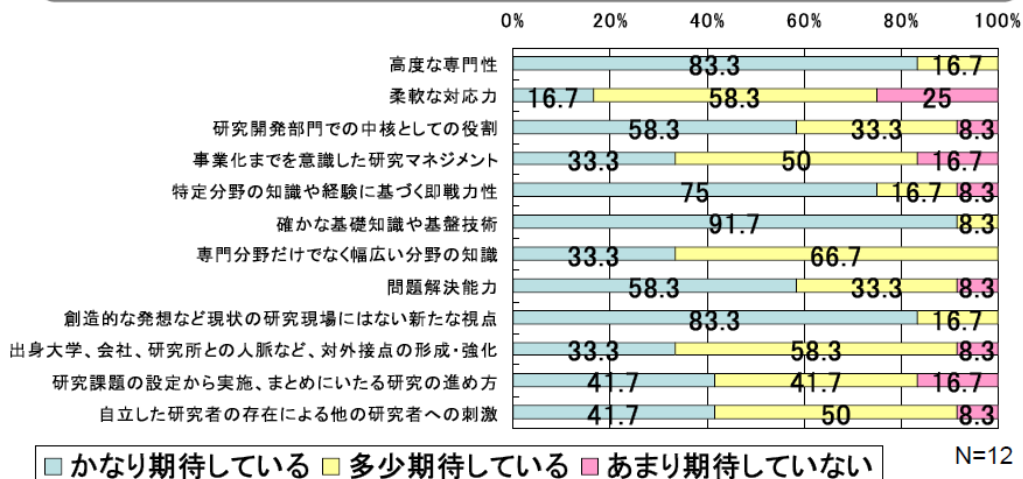
## 企業における技術系人材のインターンシップの現状



20

## 大学の教員や公的研究機関の研究者に期待すること

「高度な専門性」「特定分野の知識や経験に基づく即戦力性」「確かな基礎知識・基盤技術」「創造的な発想など新たな視点」、逆に「柔軟な対応力」は期待されていない

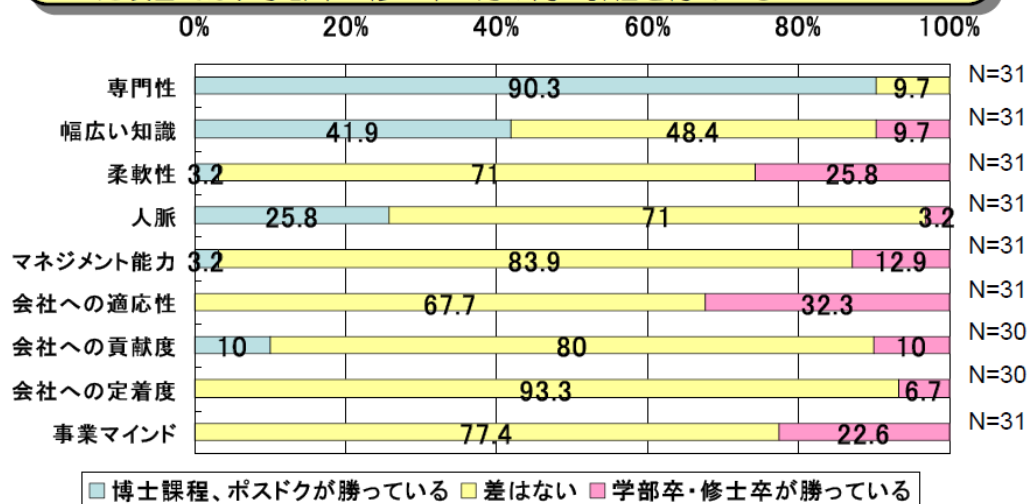


出典: 研究産業協会

21

## 博士課程修了者やポスドクと学部卒・修士卒の能力比較

「専門性」、「幅広い知識」、「人脈」という点で博士課程修了者やポスドクの方が勝っているという評価が多いが、逆に「柔軟性」、「マネジメント能力」、「会社への適応性」、「会社への定着度」、「事業マインド」といった項目では、学部卒・修士卒の方が高い評価を得ている



出典：研究産業協会

## 調査担当

文部科学省 科学技術政策研究所

科学技術動向研究センター

環境・エネルギーユニット

上席研究官

浦島 邦子

特別研究員

藤本 博也

客員研究官

前田 征児

特別研究員

武井 義久

特別研究員

戸潤 敏孔

# エネルギー分野の人材問題に関する調査

## 報 告 書

2009 年 8 月

文部科学省 科学技術政策研究所

科学技術動向研究センター  
環境・エネルギーユニット

〒100-0013

東京都千代田区霞ヶ関 3-2-2 中央合同庁舎第 7 号館 東館 16 階

TEL:03-3581-0605 FAX:03-3503-3996 E-mail:office@nistep.go.jp